

**Untersuchungen zur inneren Quecksilberbelastung  
nach Aufnahme von  
Nahrungsergänzungsmitteln in Abhängigkeit  
von der Amalgamversorgung**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae dentariae (Dr.med.dent.)

Vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Von Anne Obermüller

Geboren am 18.04.1985 in Meiningen

### **Gutachter**

1. ....
2. ....
3. ....

**Tag der öffentlichen Verteidigung:**

# Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung.....	1
2 Einleitung.....	3
2.1 Historische Entwicklung des Zahnamalgams.....	3
2.2 Quecksilber in der Umwelt.....	5
2.3 Amalgam in der aktuellen Diskussion.....	6
2.4 Alternativen zum Amalgam .....	9
2.5 Biomonitoring.....	10
2.5.1 Urin als Nachweismedium.....	10
2.5.2 Speichelanalysen zur Diagnostik der internen Quecksilberkonzentration .....	11
2.5.3 Weitere Verfahren zur Analyse der internen Quecksilberkonzentration .....	12
2.6 Therapieansätze zu Bindung und Transport von Quecksilber im Körper.....	14
2.6.1 Grundlagen von Quecksilberverbindungen .....	14
2.6.2 Chlorella pyrenoidosa – Präparate.....	14
2.6.3 Bärlauch – Präparate.....	15
2.6.4 Koriander (Cilantro)–Präparate .....	16
2.6.5 Chelatbildner .....	17
3 Ziel der Arbeit.....	18
4 Kollektiv, Material, Methode.....	19
4.1 Kollektiv.....	19
4.1.1 Probandengewinnung .....	19
4.1.2 Charakterisierung des Kollektivs.....	20
4.2 Material.....	24
4.3 Methoden .....	25
4.3.1 Durchführung der Studie .....	25
4.3.2 Untersuchungsablauf in Tagen .....	27

4.3.3 Urinprobengewinnung .....	29
<b>4.4 Analysemethoden .....</b>	<b>29</b>
<b>4.5 Statistik .....</b>	<b>29</b>
<b>5 Ergebnisse .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Quecksilberausscheidung im Urin in Abhängigkeit der Anzahl der Amalgamfüllungen..</b>	<b>31</b>
<b>5.2 Verlauf nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 Quecksilberausscheidung in Abhängigkeit von den eingenommenen Präparaten unter Berücksichtigung der Anzahl der Amalgamfüllungen .....</b>	<b>38</b>
5.3.1 Quecksilberausscheidung im Vergleich.....	38
5.3.2 Quecksilberausscheidung in Abhängigkeit des Geschlechtes .....	40
5.3.3 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa.....	42
5.3.4 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Bärlauch.....	44
5.3.5 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa und Bärlauch .....	45
5.3.6 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander .....	46
<b>5.4 Medianvergleiche der Präparate untereinander .....</b>	<b>47</b>
<b>5.5 Vergleiche der Spannweiten, Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen .....</b>	<b>48</b>
<b>5.6 Urinmenge nach der Einnahme von Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander.....</b>	<b>49</b>
<b>5.7 Beeinflussung der Quecksilberkonzentrationen in µg/l.....</b>	<b>51</b>
<b>6 Diskussion.....</b>	<b>54</b>
6.1 Quecksilberausscheidung im Urin .....	54
6.2 Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel .....	55
6.3 Einnahmeempfehlung zur Quecksilberausleitung ?.....	59
<b>7 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>60</b>

## 1 Zusammenfassung

Die Quecksilberaufnahme in den Organismus ist multifaktoriell. Lebensmittel wie Fisch und Innereien sind häufige Quecksilberlieferanten. Aus früheren Studien ist auch eine mögliche Belastung durch Kosmetika, Medikamente und Desinfektionsmittel bekannt. Bei beruflich nicht exponierten Personen sind jedoch Amalgamfüllungen die Hauptquecksilberquelle. Obgleich die in den Körper eingebrachte Quecksilbermenge toxikologisch wahrscheinlich irrelevant ist, werden von Seiten der Amalgamkritiker immer wieder Linderung und Heilung durch das Ausleiten des Quecksilbers aus dem Körper behauptet. Die mit Quecksilber in Verbindung gebrachten Symptome wie Kopfschmerz, Stimmungsschwankungen oder Schlafstörungen sind allerdings häufig unspezifisch und nahezu auf jedermann zutreffend. Naturheilkundlich tätigen Ärzten und Therapeuten verschafft die Hoffnung auf Linderung derartiger Symptome aber großen Zulauf.

Ziel dieser Arbeit war es, die Wirkung von speziell zur Ausleitung von Quecksilber empfohlenen Nahrungsergänzungsmitteln, wie Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander, auf die Quecksilberausscheidung im 24-Stunden-Sammelurin zu analysieren. Das Untersuchungskollektiv umfasste 10 Personen im Alter zwischen 24 und 56 Jahren. Grunderkrankungen, Schwangerschaft, Alkohol- und Nikotinkonsum, die Einnahme von Medikamenten und weiterer Nahrungsergänzungsmittel sowie eine berufliche Exponierung wurde durch gezielte Probandenbefragung ausgeschlossen. Die Studie erstreckte sich über 12 Tage und wurde in 5 Abschnitte gegliedert. Zu Beginn wurde Basisurin ohne Beeinflussung gewonnen. Im zweiten Abschnitt wurde Chlorella pyrenoidosa einzeln eingenommen, in Abschnitt drei Bärlauch alleine. Abschnitt vier erfasste die Wirkung von Chlorella pyrenoidosa und Bärlauch in Kombination. In Abschnitt fünf wurden Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander zusammen eingenommen. Nach Abschluss der jeweiligen Einnahme wurde in jedem Abschnitt 24-Stunden-Sammelurin gewonnen. Als Referenz diente der zu Beginn der Untersuchung gewonnene Basisurin.

Analytisch wurde die innere Quecksilberbelastung des Organismus mittels Atomabsorptionsspektroskopie in den gewonnenen 24-Stunden-Sammelurinen erfasst.

Die Teilnehmer wurden anhand der Anzahl der Amalgamfüllungen in zwei Gruppen unterteilt. Amalgamgruppe 1 mit 6-9 Amalgamfüllungen und Amalgamgruppe 2 mit 10-14 Füllungen.

Wie aus früheren Studien bekannt, konnte auch hier eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilbermenge in den 24-Stunden-Sammelurinen nachgewiesen werden.

Nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel stellte sich keine signifikante Änderung der Quecksilbermenge ein. Die gemessenen Werte lagen in Amalgamgruppe 1 tendenziell niedriger als in Amalgamgruppe 2, was mit der geringeren Grundbelastung und dem geringeren Basiswert zu begründen ist.

Bei den 5 Untersuchungsabschnitten zeigte sich, dass einzig nach der Einnahme von Bärlauch die Quecksilbermenge im Urin im Median über den Basiswert stieg (von 1,09  $\mu\text{g}/24\text{h}$  auf 1,36  $\mu\text{g}/24\text{h}$ ). Bei den übrigen Präparaten bzw. Präparatekombinationen konnte der Basiswert nicht erreicht werden. Chlorella + Bärlauch in Kombination zeigte die geringste Wirkung. Es kam im Median sogar zu einem Absinken der Quecksilbermenge. Eine Mehrbelastung, wenn auch in geringem Maße, durch Anreicherung des Quecksilbers im Körper ist möglich.

Ähnlich verhielt es sich mit der Urinmenge. Nach Einnahme von Bärlauch konnte eine deutlich gesteigerte Urinmenge gemessen werden. Die übrigen Präparate führten nur zu einer geringfügig gesteigerten Diurese. Die gesteigerte Urinausscheidung nach Bärlauchgabe ist eine mögliche Ursache für die Steigerung der Quecksilbermenge im Urin. In der Betrachtung der Quecksilberkonzentration stellte sich jedoch heraus, dass keines der Präparate zu einer gesteigerten Quecksilberkonzentration in  $\mu\text{g}/\text{l}$  Urin führte. Alle Präparate lagen mit ihren Messdaten unter dem Basiswert von 0,8  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

Bei der Betrachtung des Geschlechtes konnte eine geringfügige Steigerung der ausgeschiedenen Quecksilbermenge bei den weiblichen Teilnehmern festgehalten werden. Die männlichen Probanden erreichten nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel lediglich Quecksilbermengen um den Basiswert.

Große interindividuelle Unterschiede der Messdaten und nicht signifikante Unterschiede der Quecksilberausscheidungsmengen im Urin machen eine ausleitende Wirkung der untersuchten Präparate unwahrscheinlich. Außer Bärlauch erhöhte kein Präparat die Quecksilbermenge im Urin über den Basiswert. Daher kann zum Zwecke der Quecksilberausleitung keine Einnahmeempfehlung für die getesteten Präparate einzeln oder in Kombination gegeben werden.

## 2 Einleitung

### 2.1 Historische Entwicklung des Zahnamalgams

Bereits im 2. Jahrtausend v. Chr. diente Quecksilber kultischen Zwecken in Ägypten (*Hamre 1997*). In Indien wurde es seit 500 v. Chr. als Medikament genutzt. Amchis im Himalaja Gebirge verwenden es noch heute zu kultischen und heilenden Zwecken. Gaius Plinius der Ältere beschrieb 59 n. Chr. die Verwendung von Quecksilber zur Trennung von Silber und Gold (*Reichl 1997*). Im Jahre 659 n. Chr. wurde durch Sue King die Herstellung einer Silber-Quecksilberpaste in China beschrieben (*Reichl 1997*). Bereits im 9. Jahrhundert verwendeten Araber Quecksilbersalben (*Hamre 1997*). Die älteste nachweisbare Amalgamfüllung wurde bei Prinzessin Anna Ursula von Braunschweig (1573-1601) gefunden (*Reichl 2002*). Im 18. Jahrhundert wurde das Element Quecksilber als Allheilmittel verwendet. Es war Bestandteil von Pillen, Quecksilberpflastern sowie bei intramuskulären und intravenösen Injektionen mit Quecksilber-Zyanid (*Mare 1997*). Um 1800 stieg mit der wachsenden Industrialisierung die Notwendigkeit dentaler Prävention und Restauration. Bislang gab es jedoch nur wenig ausgebildetes Fachpersonal. Die Ausbildung qualifizierter Zahnärzte begann im 19. Jahrhundert (*Jørgensen 1977*). Die entstandenen Kavitäten wurden mit Folien aus Blei, Zinn und Gold gefüllt. Weiterhin wurde mit d’Arcets Metall gearbeitet, einer Legierung bestehend aus acht Teilen Wismut, fünf Teilen Blei und drei Teilen Zinn. Das Material wurde mit einem auf 100 °C erhitzten Stopfer in die Kavität eingebracht. Durch den Zusatz von Quecksilber wurde eine Senkung des Schmelzpunktes erreicht, der das Einsatzgebiet erweiterte. 1818 wurde durch den Zahnarzt Louis Regnard Amalgam erstmals als solches verwendet (*Jørgensen 1977*). Der Zahnarzt Taveau stellt 1826 sein Pate d’Argent vor, welches aus Spänen einer Silbermünze und Quecksilber hergestellt wurde. Die Gebrüder Crawcour brachten 1833 das Amalgam als „Royal Mineral Succaneum“ in die USA. Erst Black verbesserte die Zusammensetzung des Amalgamalloys und damit die Werkstoffeigenschaften. Auch Adolph Witzel führte ab 1872 zahlreiche Einzeluntersuchungen zu Amalgam in Essen an der Ruhr durch, bevor er als Leiter des zahnärztlichen Institutes der Universität Jena berufen wurde. Er ging davon aus, dass in Dampfform frei werdendes Amalgam aus Zahnfüllungen dem Organismus nicht schaden kann. Auch die gesundheitsschädigende Wirkung der Kupferamalgame wurde als äußerst gering eingeschätzt, wenngleich er vor der sorglosen Handhabung mit Amalgam in der zahnärztlichen Praxis warnte (*Witzel 1899*). Eine potentiell gesundheitsschädigende Wirkung von großen Amalgamfüllungen, welche von schlechter Qualität sind, und die Auswirkungen von

sorglos verarbeitetem Amalgam in der zahnärztlichen Praxis schloss Witzel aber nicht aus. Nach 1900 kamen erneut Zweifel an der Unbedenklichkeit des oft verwendeten Füllstoffes auf. Die Unsicherheit in der Bevölkerung wuchs. Der deutsche Chemiker Alfred Stock beobachtete bei sich Symptome einer Quecksilbervergiftung und wurde zum Vorreiter der Amalgamgegner (*Hamre 1997*). 1926 veröffentlichte er den Artikel „Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame“. In diesem wurden Symptome wie Tremor, Zahnfleischprobleme, unruhiger Schlaf, Kopfschmerz etc. den Amalgamfüllungen zugeordnet (*Stock 1926*). Als Füllungsmaterial für kariöse Läsionen wurde Amalgam trotz der Kritik aber weiterhin anerkannt (*Jørgensen 1977*). Da bis dato keine standardisierte Rezeptur vorlag, wurde 1919 das National Bureau of Standards in Washington D.C. mit dem Auftrag der Ausarbeitung einer Standardspezifikation beauftragt. Diese sollte Apparaturen und Untersuchungsmethoden für dentale Füllungswerkstoffe vereinheitlichen und standardisierte Anforderungen an chemische und physikalische Eigenschaften von dentalen Füllungswerkstoffen stellen (*Jørgensen 1977*). Im Jahr 1925 erschien die erste Standardspezifikation für Amalgamalloys. Im Jahre 1950 bestand ein Amalgamalloy aus 40 Prozent Silber, 5 Prozent Gold und 55 Prozent Zinn. Diese Zusammensetzung führte zu schlechten Werkstoffeigenschaften. Seit 1970 wurden Amalgame mit 10-30 Gewichtsprozenten Kupfer entwickelt. Diese Silber-Zinn-Kupfer-Amalgame enthalten keine Gamma 2 Phasen, wodurch sie bei gleichzeitig guten Materialeigenschaften, weniger korrosionsanfällig sind (*Hørsted-Bindslev, Mjør 1994*).

Unverändert besteht aber Uneinigkeit zum „bestuntersuchten Füllungsmaterial“ (*Fedderwitz 2006, Berglund 1992*). Symptome wie Kopfschmerz und Migräne, Alzheimer-Krankheit, psychosomatische Erkrankungen bis hin zu chronischen Infektionen, Tumorbildung und Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden mit Amalgamfüllungen in Verbindung gebracht (*Mutter 2006*). Selten nachgewiesene Nebenwirkungen von Amalgamfüllungen hingegen sind Haut- und Schleimhautallergien, Lichen ruber planus sowie Symptome schwerer Quecksilbervergiftungen wie Tremor, Stimmungslabilität, Sprechstörungen und Gingivitis (*Schiele et al. 1998*). Der zahnärztliche Füllstoff Amalgam setzt nicht ausreichend Quecksilber frei, um eine toxiologische Relevanz zu besitzen und kann somit eine solch schwere Belastung nicht verursachen (*Hamre 1997, Schiele et al. 1998*). Vielmehr rücken hier berufs- oder umweltbedingte Quecksilberbelastungen in den Vordergrund. Man kann davon ausgehen, dass Vergiftungen des Körpers durch Quecksilber aus Amalgamfüllungen praktisch auszuschließen sind (*Schiele 1983*).



## 2.2 Quecksilber in der Umwelt

Das Schwermetall Quecksilber ist in der Ökosphäre nahezu allgegenwärtig, wodurch eine Grundbelastung der Bevölkerung begründet werden kann (*Schiele et al. 1996*). Es ist das Einzige bei Raumtemperatur flüssige Metall. Weiterhin sind metallisches Quecksilber ( $\text{Hg}^0$ ), anorganische Quecksilberverbindungen ( $\text{Hg}^+$ ) und organische Quecksilberverbindungen ( $\text{Hg}^{2+}$ ) bekannt. Umweltmedizinisch relevant ist die Quecksilberaufnahme durch Fischkonsum, aus Amalgamfüllungen sowie die Aufnahme von Quecksilberdampf aus Altlasten in Innenräumen (*Bundesgesundheitsblatt 1999*). In marinen Gewässern befinden sich Organismen, welche anorganisches Quecksilber in organisches Quecksilber umwandeln können. Da organisches Quecksilber sehr gut gewebebegänglich ist, wird es unter anderem von Fischen aufgenommen. Durch den Verzehr von belasteten Fischen kommt es zur Aufnahme des organischen Quecksilbers in den menschlichen Organismus. Besonders belastet ist Thunfisch. Auch bei Heilbutt, Hecht, Forelle, Leber und Milchprodukten wird über eine Quecksilberbelastung berichtet. Fettreiche ältere Raubfische, die am Ende der Nahrungskette stehen, enthalten die größten Quecksilbermengen.

Das Metall Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig und verfügt über einen hohen Dampfdruck, wodurch ein Teil des Quecksilbers verdampft (*Tölg und Lorenz 1977*). Aufgrund dieses Dampfdruckes gilt metallisches Quecksilber als besonders gefährlich (*Schiele et al. 1998*). Säuren sind in der Lage das Metall Quecksilber durch Oxidationsprozesse in anorganisches Quecksilber umzuwandeln. Dampfförmiges Quecksilber wird mit bis zu 90 % hauptsächlich über die Lunge resorbiert. Bis zu 20 % von verschlucktem anorganischem Quecksilber wird über den Gastrointestinaltrakt resorbiert (*Ohnesorge 1982, Umweltbundesamt 1999*).

Anorganisches Quecksilber gelangt über Amalgamfüllungen und Nahrung in den Körper. Es ist hydrophil.

Organisches Quecksilber, auch Methylquecksilber, wird dem Körper hauptsächlich über Nahrung zugeführt. Organisches Quecksilber ist amphiphil und in der Lage sich in Gewebe- und Körperflüssigkeiten anzureichern. Die Belastung des Körpers durch mit der Nahrung aufgenommenes organisches Quecksilber liegt bei ca. 3  $\mu\text{g Hg/kg}$ , wobei der Wert bei fischreicher Ernährung um ein Vielfaches überschritten werden kann (*Reichl 1997*).

Ökologische Auswirkungen hatten zum Beispiel die hohe Quecksilberbelastung des Wassers von Minamata und Niigata in Japan. Auch das Verbacken von mit Methylquecksilber gebeiz-

tem Saatgetreide in Entwicklungsländern führte durch hohe Quecksilberaufnahme zu Massenvergiftungen (*Tsubaki et al. 1977*). Die Symptome der Vergiftung mit organischem Quecksilber betreffen vorwiegend das Zentralnervensystem. Organische Quecksilberverbindungen sind wesentlich toxischer als anorganische Quecksilberverbindungen (*Schiele et al. 1998*).

Es gibt Mikroorganismen im Meer, welche aus anorganischem Quecksilber unter Verwendung eines Vitamin B12-Derivates organisches Methylquecksilber synthetisieren können. Die Produkte gelangen über die Nahrungskette in den menschlichen Körper. Methylquecksilber ist lipophiler und toxischer als andere Formen des Schwermetalls. Ebenso wie anorganisches Quecksilber blockiert es Thiolgruppen, also Schwefelreste in Peptiden und Enzymen, wodurch diese ihre Funktion verlieren. Die Überlebensrate der Leukozyten wird durch das Vorhandensein von Methylquecksilber signifikant verringert (*Abdalla 2010*).

Der von der WHO festgelegte PTWI-Wert (provisional tolerable weekly intake) bezeichnet die wöchentlich duldbare Menge eines Fremdstoffes, der mit Nahrung aufgenommen wird. Er liegt für Quecksilber bei 3,3 µg Methyl-Hg/kg Körpergewicht bzw. der TWI (tolerable weekly intake) bei 0,3 mg Quecksilber pro Person pro Woche, wovon nicht mehr als 0,2mg Methylquecksilber sein sollten (*WHO 1990, 1991*).

## **2.3 Amalgam in der aktuellen Diskussion**

Amalgam unterteilt man in „Gamma-2-haltiges konventionelles Amalgam“ und „Gamma-2-freies Amalgam“. Gamma-2 und Non Gamma-2 Amalgam wird abhängig vom Reaktionsmechanismus, in Blendamalgam, Splitteramalgam und sphäroidales Amalgam eingeteilt. Blendamalgam und sphäroidales Amalgam werden wiederum zu den „High-Copper-Dispersant-Legierungen“ und sphäroidales Amalgam zu den „High-Copper-Single-Komposition-Legierungen“ gezählt. Die Unterschiede der Amalgame sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Bei allen Amalgamen wird ein Silber-Zinn-Kupfer Gemisch verdüst oder zerspannt und mit Quecksilber in Verbindung gebracht. Gamma-2 Amalgame, welche zu gleichen Teilen aus Quecksilber und Alloy bestanden werden heute nicht mehr eingesetzt, da sie besonders korro-

sionsanfällig sind. Durch die Erhöhung des Kupferanteiles auf zwölf Prozent oder mehr kann die Gamma-2-Phase unterdrückt oder innerhalb kurzer Zeit aufgelöst werden. Auch bei Trägern von aktuellen Gamma-2-freien Amalgamfüllungen steigt der Quecksilbergehalt des Urins und des Blutes messbar an (*Babisch et al. 1992*).

Tabelle 1: Einteilung der Amalgame

Gamma-2 haltiges Amalgam <i>65 Prozent Silber</i> <i>30 Prozent Zinn</i> <i>5 Prozent Kupfer</i>	Bei Aushärtung: Merkuroskopische Expansion <i>Gamma-1 Phase +</i> <i>Gamma-2-Phase</i>		
Gamma-2-freies Amalgam  <i>40-70 Prozent Silber</i>  <i>12-30 Prozent Kupfer</i>  <i>Restanteil Zinn</i>	High-Copper-Dispersant-Legierungen	Blendamalgame (Mischamalgame)	Aushärtung nach 4 Wochen abgeschlossen <i>(Gamma-1-Phase +4Wochen Gamma-2-Phase)</i>
		Splitteramalgame	Aushärtung nach 10 Tagen abgeschlossen <i>(Gamma-1-Phase +10Tage Gamma-2-Phase)</i>
	High-Copper-Single-Composition-Legierungen	Sphäroidales-/Sphärisches Amalgam (Kugelartiges-/Kugelamalgame)	Aushärtung direkt nach der Reaktion <i>(Gamma-1-Phase)</i>

Bei den anfänglich verwendeten Blendamalgame entsteht eine Gamma-2 Phase. In einer zweiten Reaktion verbindet sich das beigemengte Kupfer und Zinn zu einer stabilen Kupfer-Zinn Verbindung. Bis die Gamma-2-Phase vollständig gebunden ist, dauert es circa vier Wochen. Anschließend ist das Amalgam stabil.

Eine weitere Möglichkeit Gamma-2-freie Amalgame herzustellen, besteht darin, den Kupferanteil gegenüber dem Silberanteil zu erhöhen. Das Silber-Zinn-Kupfer Gemisch wird zerspannt und als Splitter dem Quecksilber zugegeben. Auch bei diesen Splitteramalgame entstehen

eine Gamma-1- und eine Gamma-2- Phase, wobei in der Gamma-2-Phase Zinn entzogen wird. Diese Reaktion führt nach ca. 10 Tagen zu einem stabilen Amalgam.

Sphäroidale und sphärische Amalgame sind die einzigen Amalgame ohne Gamma-2-Phase. Das Silber-Zinn-Kupfer Gemisch wird verdüst und in Form von Kugeln mit dem Quecksilber vermennt. Das stabile Amalgam liegt hier direkt vor. Durch das Fehlen der Gamma-2- Phase ist diese Form der Verarbeitung das Mittel der Wahl, da die gesundheitliche Belastung durch frei werdendes Quecksilber am geringsten ist (*Hellwig et al. 1999, Gängler et al. 2005*).

„Amalgam die Zeitbombe“ (*Klinghardt 1996*) und „Amalgam als Auslöser von Allergien und Vergiftungen“ (*Pfeifer 2007*) sind Überschriften, welche die Angst der Verbraucher vor dem Füllstoff Amalgam schüren. Laut Daunderer sind Amalgamfüllungen Ursache einer Vielzahl von Erkrankungen. Er führt Erkrankungen wie Multiple Sklerose, Kopfschmerz, Schlaflosigkeit, Schwindel und viele andere unspezifische Symptome auf Amalgam zurück (*Daunderer 2007*). Studienergebnisse von Knolle kommen jedoch zu dem Schluss, dass Amalgamfüllungen als Ursache von Multipler Sklerose nicht in Frage kommen (*Knolle 1968*). Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass Vergiftungen des Gesamtorganismus aus Amalgamfüllungen praktisch auszuschließen sind (*Schiele et al. 1983*). Aus toxikologischen Gründen auf Amalgam als zahnärztlichen Füllungswerkstoff zu verzichten, ist daher nicht indiziert (*Städler 1991*).

Aufgrund der mit Amalgamfüllungen in Verbindung gebrachten Symptome wird von Patienten dennoch immer häufiger der Wunsch nach Elimination des Quecksilbers aus dem Körper formuliert. Patienten mit der Verdachtsdiagnose „Amalgamschaden“ wurden interdisziplinär untersucht, wobei als Ursache der Schädigung bei keinem die Wirkung des Amalgams, sondern vielmehr psychosomatische Ursachen festgestellt wurden (*Oepen 1993, Erler et al. 2009*). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilberkonzentration im Körper konnte nachgewiesen werden (*Schiele 1991*). Der alleinige quantitative Nachweis von Quecksilber in Urin, Blut, Speichel und anderen Nachweismedien kann aber nicht in Zusammenhang mit einer Gesundheitsbeeinträchtigung gebracht werden (*Schiele et al. 1998*).

## 2.4 Alternativen zum Amalgam

Quecksilberfreie Alternativen zu Amalgam beschränken sich neben plastischen zahnärztlichen Füllungsmaterialien, wie Komposite, Kompomere und Glasionomerzemente, auf Einlagefüllungen aus Gold und Keramik.

Komposite zeigen eine höhere Tendenz zur Randspaltbildung, bedingt durch Polymerisations-schrumpfung (1,5% bis 4% bei fließfähigen Kompositen) während der Abbindereaktion. Dies kann zu Sekundärkaries führen, wodurch Kompositfüllungen häufiger erneuert werden müssen. Durch wiederholte Kavitätenpräparation geht Zahnhartsubstanz verloren (*Schiele et al. 1998*). Auch modernste Komposite weisen eine geringe Toleranz gegenüber ihrem Umgebungsmilieu auf. Daher muss beim Einbringen des Werkstoffes auf absolute Trockenlegung geachtet werden. Bei Verwendung von Amalgamen kommt es hingegen zur merkuroskopischen Expansion, was die Randsichte und eine lange Liegezeit begünstigt. Große Expansionswerte durch Überstopfen führen hingegen zu Abplatzungen und Frakturen nach Aufnahme der Kaufunktion. Nachteile moderner Komposite gegenüber Non-Gamma-2-Amalgamen sind eine längere Verarbeitungszeit, kürzere Liegedauer, höhere Materialkosten und beschränkte Anwendungsmöglichkeiten. Bei der Diskussion um die Toxizität des Amalgams darf auch das toxische und allergisierende Potential der Komposite nicht vernachlässigt werden. Alle Füllungswerkstoffe sowie erforderliche Hilfswerkstoffe, die bei der Verarbeitung von Füllungswerkstoffen Verwendung finden, setzen Substanzen frei (*Konsenspapier 1997*). Nicht ausreichend polymerisierte Bestandteile der Komposite können in körpereigenes Gewebe diffundieren. Es wird von einem Restmonomergehalt von bis zu 2 Prozent berichtet. Unter den plastischen Füllmaterialien sind Komposite aufgrund ästhetisch guter Ergebnisse bei vergleichsweise geringem Preis sehr beliebt.

Glasionomerzemente erreichen selbst bei modernster Herstellung nicht die Liegedauer und Abriebfestigkeit des Amalgams. Vorteile sind die hohe Biokompatibilität, geringe Materialkosten und eine einfache und schnelle Verarbeitung.

Für dreiflächige Restaurationen wird bei Kariesrisikopatienten Amalgam wegen seiner Langlebigkeit empfohlen. Für Patienten mit geringem Kariesrisiko und kleinflächigen Restaurationen ist Komposit vorteilhafter (*Opsam et al. 2010*).

Goldeinlagefüllungen bestechen durch ihre außergewöhnlich lange Liegedauer, gute Randsichte und gute Biokompatibilität. Unverträglichkeiten gegenüber Gold sind kaum bekannt.

Nachteilig sind der Preis, der um ein Vielfaches höher ist als der einer Amalgamfüllung, sowie die Ästhetik des „Goldzahnes“.

Keramikeinlagefüllungen werden immer beliebter, weil sie hohen ästhetischen Ansprüchen genügen. Umstritten sind die Randdichte und die Liegedauer im Vergleich zu Goldeinlagefüllungen. Im Vergleich zu Amalgamfüllungen ist auch hier der hohe Kostenfaktor zu nennen.

Kontraindikationen für Amalgam sind aus ästhetischer Sicht Front- und Eckzahnfüllungen (*Wirz et al. 1990*). Auch der Einsatz bei Schwangeren, Kindern und Jugendlichen sollte kritisch geprüft werden. Bei Risikoschwangerschaften (Hypertonie, vorangegangenen Fehl- und Frühgeburten) konnte jedoch keine erhöhte interne Quecksilberkonzentration nachgewiesen werden (*Peiker 2000*). Bei nachgewiesener Amalgamallergie, welche äußerst selten ist, muss auf den Einsatz von Amalgam verzichtet werden (*Raap et al. 2009*).

## **2.5 Biomonitoring**

### **2.5.1 Urin als Nachweismedium**

Die gemessene Quecksilberkonzentration im Urin spiegelt unter konstanten Bedingungen und intakter Nierenfunktion die Belastung des Körpers durch Quecksilberdampf und anorganische Quecksilberverbindungen wider. Um den Einfluss diuresebedingter Schwankungen auszuschließen, wird 24-Stunden-Sammelurin dem Spontanurin vorgezogen (*Städtler u. Ebeleseder 1995, Bundesgesundheitsblatt 1999*). Sammelfehler und eine Kontamination des Urins müssen unbedingt vermieden werden (*vgl. Kapitel 4.3.3*).

Bei der Analyse des Spontanurins werden diuresebedingte Konzentrationsschwankungen durch gleichzeitige Analyse des Kreatiningehaltes korrigiert. Ernährungsgewohnheiten, Einnahme von Diuretika, Nikotinkonsum und Niereninsuffizienz beeinflussen den Kreatiningehalt und können so zu falschen Messergebnissen führen (*Weihrauch et al. 1997*). Die einfachere Durchführung für die Probanden macht diese Vorgehensweise aber zu einer gebräuchlichen Untersuchungsmethode.

Im Urin kann eine Quecksilberkonzentration ab 0,2 µg Hg/l nachgewiesen werden (*Bundesgesundheitsblatt 1999*). Bei Amalgamfüllungsträgern liegen die gemessenen Werte bei bis zu 3-5 µg Hg/l (*Schiele et al. 1998*). Im Morgenurin von Kindern im Alter zwischen 3 und 14

Jahren ohne Amalgamfüllungen wurde eine Quecksilberkonzentration von 0,4 µg Hg/l gemessen. Erwachsene zwischen 18 und 69 Jahren ohne Amalgamfüllungen liegen bei 1 µg Hg/l (*Bundesgesundheitsblatt* 2009).

Die interne Quecksilberkonzentration im Urin korreliert positiv mit der Anzahl der vorhandenen Amalgamfüllungen (*siehe Kapitel 5.1*).

## **2.5.2 Speichelanalysen zur Diagnostik der internen Quecksilberkonzentration**

Ruhspeichelproben sollten laut Mutter Quecksilberkonzentrationen unter 5 µg Hg/l Speichel aufweisen (*Mutter 2006*). Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der im Speichel gemessenen Quecksilberkonzentration (*Lussi 1993, Pizzichini et al. 2002, Melchert 2008, Fakour 2010*). Eine Bewertung der im Speichel gemessenen Quecksilberkonzentration anhand des PTWI oder ähnlicher Werte und der Rückschluss auf eine Quecksilbervergiftung durch den reinen Nachweis sind jedoch nicht statthaft (*Bundesgesundheitsblatt* 1997).

Die Messwerte der Speichelanalyse sollen Rückschlüsse zur täglich aus den Amalgamfüllungen abgegebenen Quecksilbermenge geben. Derzeit existieren noch keine einheitlichen Standards für Durchführung und Auswertung der Proben (*Schaller 1991, Schiele et al. 1996*). Die Kriterien der statistischen Qualitätssicherung der technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 410) gemäß den Richtlinien der Bundesärztekammer für die Quecksilberanalytik im biologischen Material werden bei dieser Methode nicht berücksichtigt (*Schaller 1991*). Speichel ist ein heterogenes Material wechselnder Zusammensetzung. Die aktuell gemessenen Quecksilberkonzentrationen im Speichel lassen keine klaren Rückschlüsse auf die Quecksilberaufnahme in den Organismus oder die Quecksilberabgabe aus bestehenden Füllungen zu, da es nach dem Kauen, bei Bruxismus und auch nach dem Legen von Füllungen zu kurzzeitig, gesundheitlich unbedenklichen Erhöhungen der Quecksilbermesswerte kommen kann (*Schiele et al. 1998*). Der überwiegende Teil der Quecksilberresorption aus Amalgamfüllungen wird durch Inhalation des Quecksilberdampfes hervorgerufen (*WHO 1991, Link 1999*).

Speicheltests sind folglich für die Feststellung von Quecksilberbelastungen nicht geeignet (*Bundesgesundheitsblatt* 1998, *Schiele et al. 1998, RKI 2007*). Das gilt auch für den sog. Kaugummitest, durch den die Freisetzung von Quecksilber aus den Amalgamfüllungen verstärkt

werden soll. Einzelne Partikel werden durch Abrasion und Attrition gelöst und sind danach in nicht reproduzierbarer Weise im Speichel nachweisbar. Bruxismus und andere mechanische Beanspruchungen der Amalgamfüllungen führen ebenso zu einem Anstieg der Quecksilberkonzentrationen (*Sandborgh-Englund et al. 1998, Chaari et al. 2009*).

### **2.5.3 Weitere Verfahren zur Analyse der internen Quecksilberkonzentration**

Vollblut ist zur Bestimmung der inneren Quecksilberbelastung aus Amalgamfüllungen nicht geeignet, da es sowohl anorganisches Quecksilber im Blutplasma als auch organisches Quecksilber in den Erythrozyten enthält. Blutplasma und Serum einzeln zu untersuchen ist hingegen eine anerkannte Methode (*RKI 2007*).

Bei einem geringfügigen Fischkonsum von maximal dreimal im Monat sind bei Kindern (3-14 Jahre) Quecksilberkonzentrationen von 0,8 µg/l bis 1,5 µg/l Quecksilber im Vollblut nachweisbar. Erwachsene (18 bis 69 Jahre) weisen eine Quecksilbermenge von 2 µg/l im Vollblut auf (*Bundesgesundheitsblatt 2009*).

Quecksilber wird weiterhin über die Fäzes ausgeschieden (*Skare et al. 1994*). Vor allem organisches Quecksilber ist in den Ausscheidungen vorhanden. Die Datenlage hierzu ist unbefriedigend. Es existiert keine externe Qualitätskontrolle zu standardisierten Messverfahren. Die Untersuchung der Fäzes auf Quecksilber wird daher nicht empfohlen (*Bundesgesundheitsblatt 1999*).

Weiterhin werden zur Diagnostik von vermuteten Amalgamnebenwirkungen Allergietests durchgeführt. Allergische Reaktionen auf Amalgam sind äußerst selten. Bislang wurde in der wissenschaftlichen Literatur nur von etwa 100 bestätigten Fällen berichtet (*Oepen 1993*). Amalgam und seine Bestandteile können eine Typ IV Reaktion der oralen Mucosa hervorrufen (*Saller u. Feiereis 1997, Aggarwal et al. 2010*). Aktuelle Studien berichten über Quecksilber induzierte Kontakthypersensibilitäten, d.h. Kontaktallergien, die durch Quecksilber spezifische CD4+T-Zellen vermittelt werden (*Sumiwi et al. 2010*). Quecksilberallergien sind zelluläre Sensibilisierungen vom Typ IV (Spättyp). Aus diesem Grund können sie mittels Kurzzeitepikutantest auf der Haut nicht festgestellt werden. Die Deutsche Kontaktallergengruppe weist auf wechselnde, nicht reproduzierbare Ergebnisse hin. Falls eindeutige ekzematöse Reaktionen auf den Teststoff Quecksilber existieren, so unterteilt die Deutsche Kontaktal-



lengengruppe folgende Verfahrensweisen: solange keine charakteristischen Bilder (Kontaktstomatitis, Gingivitis, Lichen ruber der Mundschleimhaut oder rezidivierende aphthöse Veränderungen) auftreten, können die Amalgamfüllungen ohne Bedenken belassen werden. Tritt zusätzlich zum positiven Epikutantest eines der oben genannten charakteristischen Bilder auf, welches in direktem zeitlichen oder topographischem Zusammenhang mit Amalgam versorgten Zähnen gebracht werden kann, wird angeraten, eben diese Füllungen entfernen zu lassen und die Kavität mit einem alternativen zahnärztlichen Füllstoff zu versorgen (*Fuchs et al 1994, Robert Koch-Institut 2007*). Auch bei korrekter Durchführung können falsch positive und falsch negative Ergebnisse erzielt werden. Ein falsch positives Ergebnis kann Folge einer Sensibilisierung sein, welche ohne Symptomatik nicht mit einer allergischen Erkrankung einhergeht (*Saller und Feiereis 1997*). Symptome der Allergie können den ganzen Körper betreffen und sind schwierig zu verifizieren. Im Rahmen von Hauttestungen bei Personen mit Verdacht auf Amalgamnebenwirkungen wurde eine allergische Hautreaktion auf Quecksilber bzw. Amalgam mit einem selektionsbedingt hohen Anteil von 5 Prozent nachgewiesen (*Schiele et al. 1998*).

Die Elektroakupunktur nach Voll (EAV) wurde in den fünfziger Jahren durch den Arzt Dr. R. Voll als eine Möglichkeit entwickelt, aus der chinesischen Medizin bekannte Akupunkturpunkte mit neuen Akupunkturpunkten zu kombinieren und deren Einfluss auf innere Organe diagnostisch zu nutzen (*Oepen 1993*). Es werden schwache Reizströme an bekannten Akupunkturpunkten eingesetzt, um eine Aussage über den Funktionszustand des korrespondierenden Organes zu erhalten (*Matejka 2003*). Der Maximalwert und mögliche Zeigerabfälle des Messgerätes werden festgehalten und dienen der Diagnostik (*Voll 1968*). Dieses diagnostische Mittel soll es ermöglichen, pathologische Zustände schon vor den klinischen und laborbezogenen Anzeichen zu entdecken. Mit Hilfe dieser Messmethode soll auch die Wirksamkeit eingebrachter Medikamente überprüft werden (*Altmann-Brewe 1994, Voll 1991*). Eine ausreichende Sensitivität und Spezifität von Hauttest und Medikamententest sind nicht gegeben (*Oepen 1993*). Aufgrund schlecht reproduzierbarer Messergebnisse und fraglicher Rückschlüsse auf die tatsächliche Organbelastung ist diese Methode zur Diagnostik der Quecksilberkonzentration im Körper nicht geeignet (*Schiele et al. 1998, Oepen 1993, Visser 1993*). Das Testverfahren gilt als wissenschaftlich fragwürdig und spekulativ, da Fehldiagnosen bekannt sind (*Müller-Fahlbusch 1990, Melchart 2008*). Es kann nicht zur Diagnostik herangezogen werden. Vielmehr würde es die Unsicherheiten der Patienten nur verstärken (*Visser 1993*).

## **2.6 Therapieansätze zu Bindung und Transport von Quecksilber im Körper**

### **2.6.1 Grundlagen von Quecksilberverbindungen**

Quecksilber ist eine weiche Lewis-Säure, was bedeutet, dass große Ionen und eine geringe Ladung vorliegen. Laut HSAB-Prinzip (hard and soft acids and bases) binden weiche Lewis Säuren besonders stabil an weichen Lewis-Basen. Eine weiche Lewis-Base ist Schwefel. Durch die stabile Bindung entsteht das Salz Quecksilbersulfid. Hierbei sind beide Ionen relativ weich und gehen eine stabile, kovalente Bindung ein. Schwefelreste finden sich unter anderem in Peptiden und Enzymen und sind für deren Funktionalität verantwortlich. Lagert sich ein Quecksilberion an, sind diese in ihrer Funktion gehemmt.

Je stabiler ein Salz ist, desto geringer ist sein Löslichkeitsprodukt, da eine Dissoziation in seine Ionen nicht begünstigt wird. Die weiche Lewis Säure Quecksilber bindet an andere weiche Lewis-Basen. Die Bindung des Quecksilbersulfids ist zwar eine der stärksten, jedoch bindet Quecksilber nicht ausschließlich an Schwefel. So kann die Substitution von Zink und Selen, welche ebenfalls weiche Lewis Basen darstellen, begründet werden kann.

### **2.6.2 Chlorella pyrenoidosa – Präparate**

Die Alge enthält Chlorophyll, Palmitinsäure, Paraffine, Olefine, Alkohole, Aldehyde, Monoterpentene und Ketone (*Kersch 1976*). In Chlorella konnten Verbindungen nachgewiesen werden, welche bisher nur in ätherischen Ölen höherer Pflanzen, wie z. B. Kamille gefunden wurden (*Liersch 1975*). Chlorella pyrenoidosa ist die chlorophyllhaltigste Pflanze weltweit und mit einem Eiweißgehalt von 60-70 Prozent eine ertragreiche Energiequelle. Chlorophyll bindet Körpergerüche, wird zum Entgiften genutzt, reguliert die Darmtätigkeit, bindet freie Radikale und besitzt antibakterielle Eigenschaften. Ebenso beinhaltet die Alge Chlorellin. Dies unterstützt die Milchsäurebakterien positiv in ihrem Wachstum. Chlorella wird ein probiotischer Einfluss auf die Darmflora zugesprochen. Hefebakterien nehmen quantitativ ab, die Lactobacilluskonzentration nimmt zu. Durch CGF (Chlorella growth Factor) werden die antibakteriellen und probiotischen Eigenschaften weiter unterstützt (*Mutter 2008*). Chlorella beinhaltet in der mittleren Zellwand den körpereigenen Stoff Sporopollenin. Dieser Stoff bindet

Schwermetalle (*Mutter 2008*). Die Einnahme von Clorellaprodukten induziert die Ausscheidung von Quecksilber über Stuhl und Urin. Die Absorption von Methylquecksilber über den Gastrointestinaltrakt bleibt nach der Einnahme von Chlorellaprodukten aber unbeeinflusst (*Uchikawa et al. 2010*).

Chlorella kann als Algenextrakt und Frischpflanze angewendet werden.

### **2.6.3 Bärlauch – Präparate**

Studienergebnisse zeigten, dass Leber und Nieren von Ratten nach Injektion von Quecksilberchlorid durch die Gabe von Bärlauch und/oder Selen signifikant geschützt werden (*El-Shenawy u. Hassan 2008*). Bärlauch zeigte in dieser Untersuchung den größten protektiven Effekt. Als Ursache hierfür werden die antioxidative Wirkung des Bärlauchs und die Verstärkung des antioxidativen Effektes des Körpers durch Bärlauch genannt. Der hohe Gehalt an Schwefel und Cystein macht Bärlauch zu einem Chelatbildner für Metalle. Diese Chelatbildner besitzen zwei reaktive Schwefelgruppen, welche sich fest an das Quecksilber anlagern. Die Verbindung des Quecksilbers mit den in Bärlauch vorhandenen Thiolgruppen soll eine Aufnahme des Quecksilbers ins Blut begünstigen und zur Ausscheidung des gebundenen Quecksilbers über die Nieren führen (*Mutter 2008, Abdalla et al. 2010*).

Das Vorhandensein von Methylquecksilber führt zu einem messbaren Wirkungsabfall der Adenosindesaminase. Durch die gleichzeitige Gabe von Bärlauchkonzentrat konnte ein Antagonismus hergestellt und die Wirkung wieder aufgehoben werden (*Belle 2009*). Bärlauchkonzentrat kann so die Wirkung des Methylquecksilbers auf die Adenosindesaminase hemmen. Die zytotoxische Wirkung von Methylquecksilber auf menschliche Leukozyten kann durch die Gabe von Bärlauchextrakt verringert werden (*Abdalla et al. 2010*).

Weiterhin wird Bärlauch eine quecksilberoxidierende Wirkung zugesprochen, die dazu führt, dass Quecksilber wasserlöslich wird und ausgeschieden werden kann. Bärlauch soll eine natürliche Alternative zu DMPS sein, da es dem gleichen Wirkmechanismus folgt, biokompatibler ist und weniger Nebenwirkungen zeigt.

Weiterhin werden Bärlauch adstringierende, antibiotische, appetitanregende, blutreinigende, blutdrucksenkende, blutzuckersenkende, cholesterinsenkende, desinfizierende, durchblutungs-

fördernde, entschlackende, entzündungshemmende, harntreibende, pilztötende, schleimlösende sowie schweißtreibende Wirkungen nachgesagt.

Bärlauch kann bis zur maximalen Geruchsverträglichkeit dosiert werden. Die Einnahme größerer Mengen Bärlauch kann zu Reizungen des Magen-Darm-Traktes führen, andere Nebenwirkungen sind nicht bekannt.

#### **2.6.4 Koriander (Cilantro)–Präparate**

Koriander wird zur Quecksilbermobilisation eingesetzt (*Omura 1996*). Ein Aromastoff des Korianders soll die Blut-Hirn-Schranke überschreiten und die Ionenkanälchen der Nervenzellen öffnen, wodurch Quecksilber frei wird. Intakte Tubulinstrukturen sollen das frei gewordene Quecksilber nun in den Extrazellularraum transportieren (*Mutter 2008*). Diese Freisetzung setzt eine vergleichsweise höhere intrazelluläre Konzentration von Quecksilber voraus. Um diesen Gradienten zu erreichen wird empfohlen, das Gewebe zu Beginn mit Bärlauch und Chlorella vorzubehandeln. Während der laufenden Behandlung sollen diese Präparate weiter in Kombination verabreicht werden, damit durch Koriander frei gewordenes Quecksilber gebunden und abtransportiert wird. Auch Koriander bringt ätherische Öle hervor (*Kunzemann 1977*).

Gleichzeitige Einnahme mit Ascorbinsäure soll die Wirkung von Koriander verringern, Aufnahme von eiweißreicher Nahrung und Massage des Mittelfingers mit Koriandertinktur hingegen die Wirkung verstärken (*Schaller u. Mutter 2008*).

Während der Schwangerschaft ist Koriander kontraindiziert, da er zu Gebärmutterkontraktionen führt.

Da Koriander die Blut-Hirn-Schranke überwindet, führt es vorwiegend zur Freisetzung von Methylquecksilber, welches im Gehirn gebunden ist. Koriander als Teil der Quecksilbermobilisation wird nur gemeinsam mit Chlorella pyrenoidosa und Bärlauch verabreicht, da Koriander laut Herstellerangaben Quecksilber im Gehirn mobilisieren, jedoch nicht binden kann. Diese Funktion wird von Chlorella pyrenoidosa und Bärlauch übernommen. Einzeln verabreicht könnte Koriander somit zu einem Anstieg der internen Quecksilberkonzentration führen. Das mobilisierte Methylquecksilber wäre im Körper verfügbar und könnte nicht abtrans-

portiert werden. Gesundheitliche Beeinträchtigungen könnten nicht sicher ausgeschlossen werden.

### 2.6.5 Chelatbildner

Die Gabe von Chelatbildnern sollte nur bei akuter Intoxikation mit ausgeprägten klinischen Symptomen in Erwägung gezogen werden. Sie sind zur Diagnose einer Quecksilberbelastung nicht geeignet (*Bundesgesundheitsblatt 1999*). Chelatbildner beschreiben Präparate, welche eine feste Bindung zwischen Metallionen und reaktiven Gruppen herstellen. Im Falle von Quecksilber handelt es sich um Thiolgruppen. Daran kann Quecksilber aus bestehenden Komplexen im Körper gebunden werden (*Hamre 1997*).

DMPS wird leicht oxidiert, wodurch 15 Minuten nach intravenöser Gabe von DMPS nur noch zwölf Prozent in seiner ursprünglichen chemischen Form nachgewiesen werden. DMPS hat eine relativ kurze biologische Halbwertszeit von circa zehn Stunden und wird bis zu 45 Prozent über Urin und Stuhl ausgeschieden (*Hamre 1997*). DMPS führt zu einer Hemmung der Lipid-Peroxidase, wodurch die antioxidative Wirkung begründet werden kann (*Benov et al. 1990*). Als Nebenwirkungen können Ausschlag, Übelkeit, Erbrechen, Fieber, Schüttelfrost und Hypotonie auftreten (*Ruprecht 1993*). DMPS ist in Kapseln oder als Injektionslösung erhältlich. Es ist ein Komplexbildner auf Grundlage einer Schwefelverbindung. Die Schwefelgruppen binden essentielle Metalle wie Zink, Eisen und Kupfer (*Altmann-Brewe 1994*). Mobilisationstests zur Identifizierung einer internen Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen sind nicht evidenzbasiert (*Städtler 1991*). Wissenschaftliche Veröffentlichungen raten von einer DMPS-Gabe ab, da diese das tatsächliche Ergebnis der inneren Quecksilberbelastung verfälscht (*Robert-Koch-Institut 2007*). Eine Anwendung von Komplexbildnern ist zu diagnostischen Zwecken nicht empfehlenswert und liefert keinen Beweis für eine schädigende Wirkung von Amalgam, da der reine Nachweis nicht als Vergiftung verstanden werden kann (*Schiele 1998*).

DMSA(Meso-2,3-Dimercapto-succinic-acid) wurde in China entwickelt und 1949 erstmals beschrieben (*Friedheim 1975*). Die chemischen Eigenschaften von DMSA ähneln DMPS, sind aber lipophiler, wodurch eine bessere Membrangängigkeit entsteht (*Hamre 1997*). Quecksilbermobilisierende Fähigkeiten im Gehirn sind umstritten (*Buchet u. Lauwerys 1989*). DMSA zeigt weniger Nebenwirkungen als DMPS (*Fournier et al. 1988*).

### 3 Ziel der Arbeit

Eine Vielzahl von Symptomen wird mit dem Einbringen von Amalgamfüllungen in den Körper und der damit verbundenen Quecksilberbelastung in Verbindung gebracht (*Weidenhammer et al. 2010, Melchart et al. 2008, Mutter 2008*). Toxikologisch ist die nachweisbare Menge des über Amalgamfüllungen in den Körper eingebrachten Quecksilbers ohne Relevanz (*Schiele et al. 1998, Reichl et al. 2006*). Amalgamkritiker berichten jedoch von Linderung und Heilung nach der Ausleitung von Quecksilber aus dem Körper (*Mutter 2008, www.toxcenter.de 2012*). Betroffene Patienten suchen auf dem Weg der Linderung von Symptomen, welche sie mit vorhandenen Amalgamfüllungen in Verbindung bringen, immer häufiger Hilfe bei naturheilkundlich tätigen Ärzten und Therapeuten. Über den Sinn von Ausleitungsverfahren zur Verminderung von subtoxischen Quecksilberbelastungen sind Alternativ- und Schulmedizin bisher uneins.

Analytisch ist die innere Quecksilberbelastung des Organismus mittels Atomabsorptionsspektroskopie in gewonnenem 24-Stunden-Sammelurin quantifizierbar. Ziel war es, die empfohlene Ausleitung des Quecksilbers mittels Nahrungsergänzungsmittel auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Es wurde die Wirkung von Bärlauch, *Chlorella pyrenoidosa* und Koriander auf den internen Quecksilbergehalt des Körpers untersucht. Die Präparate wurden einzeln und in Kombination auf ihre ausleitenden Fähigkeiten analysiert. Als Referenz galt der vor Beginn der Präparateinnahme gewonnene Basisurin.

Im Untersuchungszeitraum wurde die Veränderung der Quecksilberausscheidung nach eintägiger Einnahme des Präparates *Chlorella pyrenoidosa*, sowie nach eintägiger Bärlauchaufnahme analysiert. Darüber hinaus bestand die Frage nach der Effektivität der Präparatekombinationen. Veränderungen der Quecksilbermenge im Urin sollten Aufschluss über die Wirksamkeit von Bärlauch und *Chlorella pyrenoidosa* einzeln, von deren Kombination und in der Kombination mit Koriander geben.

## 4 Kollektiv, Material, Methode

### 4.1 Kollektiv

#### 4.1.1 Probandengewinnung

Die Teilnehmer der Studie wurden nach unterschiedlichen Kriterien ausgewählt. Eine wesentliche Voraussetzung war, dass die Probanden mindestens fünf oder mehr Amalgamfüllungen besitzen, damit Quecksilber zuverlässig im Urin gemessen werden konnte. Zudem sollten keine akuten oder chronischen Krankheitsverläufe vorliegen. Alle Teilnehmerinnen mussten eine Schwangerschaft sicher ausschließen können.

Weiterhin wurden die Teilnehmer zu einer guten Compliance motiviert. Die Einnahme von Alkohol, Nikotin, Kaugummis, Medikamenten, Drogen und Nahrungsergänzungsmitteln wurde verboten. Zusätzlich wurde den Teilnehmern untersagt, Heilwasser oder diuretisch wirksame Phytotherapeutika einzunehmen, da diese die Urinkonzentration beeinflussen (*Matějka 2003*). Eine persönliche Einweisung der Probanden über die Präparateeinnahme, Urinsammlung und Urinentnahme mit den dafür vorbereiteten und beschrifteten Monovetten und Urinaufbewahrung unter Tiefkühlbedingungen (-20° Celsius) wurden vor Beginn der Studie durchgeführt. Jeder Proband hatte die Möglichkeit die Handhabung der Urinmonovetten unter Aufsicht zu üben und Fragen bezüglich der Durchführung der Studie im Voraus zu klären.

Nach Beantwortung eines Fragebogens zur Erhebung der Probandendaten und des Gesundheitszustandes der Teilnehmer wurde eine zahnmedizinische Untersuchung vorgenommen, um die Anzahl der Amalgamfüllungen zu diagnostizieren. Die Teilnehmer dieser Studie haben ausschließlich Amalgamfüllungen, welche sechs Monate und älter sind. Frisch gelegte Amalgamfüllungen mit unvollständigem Amalgamierungsprozess zeigen eine Quecksilberabgabe von 17,3-34,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , zwei Tage alte Füllungen mit vorhandener Korrosionsschicht nur noch einen Wert zwischen 1,1-1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Lussi und Schönberg 1991, Neme et al. 2002*). Messfehler durch unvollständig abgebundenes Füllmaterial wurden somit minimiert.

Heiße Getränke und exzessive Mundhygienemaßnahmen während des Studienzeitraumes waren nicht erlaubt, da unter deren Einfluss ebenfalls eine erhöhte Quecksilberfreisetzung aus Amalgamfüllungen vermutet wird (*Björkmann und Lind 1992, Jendrek 2006*).

Die Probanden wurden aus dem persönlichen Umfeld gewonnen und haben kein Entgelt oder eine andere Vergütung für die Teilnahme an der Studie erhalten. Es bestand keine berufliche oder freizeitbedingte Exponierung gegenüber Quecksilber.

Alle Probanden wurden ausführlich über mögliche Nebenwirkungen der Nahrungsergänzungsmittel aufgeklärt. Es wurde den Teilnehmern mitgeteilt, dass es infolge der Einnahme der Präparate zu Kopfschmerz, Übelkeit, Appetitlosigkeit, Stimmungsschwankungen, einer Steigerung der Darmaktivität bis hin zu Durchfall, Blähungen, Schwindel, Sodbrennen und grippeartigen Beschwerden kommen kann (*Mutter 2006*). Alle Teilnehmer wurden über die Durchführung genauestens informiert und waren dazu angehalten, jegliche Veränderung des Einnahmemodus, Nebenwirkungen, Veränderungen bestehender Beschwerden sowie die Einnahme von Medikamenten und Nahrungsergänzungsmitteln schriftlich festzuhalten.

Eine Bewilligung der Studie durch die Ethikkommission wurde nicht eingeholt, da es sich hier um frei verkäufliche Nahrungsergänzungsmittel handelt, die keinen arzneimittelrechtlichen Restriktionen unterliegen.

#### **4.1.2 Charakterisierung des Kollektivs**

Die Untersuchung wurde an zehn gesunden Amalgamträgern durchgeführt. Die Amalgamfüllungen bestanden bei allen Teilnehmern länger als sechs Monate vor Untersuchungsbeginn. Keiner der Teilnehmer hatte zuvor Nahrungsergänzungsmittel eingenommen, welche in dieser Studie verwendet wurden oder auf eine andere Weise versucht Quecksilber aus dem Körper auszuleiten. Eine Versuchsteilnehmerin führte chronische Erkältungen und Kopfschmerz auf vorhandene Amalgamfüllungen zurück. Diese Teilnehmerin knüpfte die Erwartung der Linderung bestehender Beschwerden an die Studie. Keiner der anderen Teilnehmer hatte Beschwerden, welche er auf vorhandene Amalgamfüllungen zurückführte oder verband mit dieser Untersuchung bestimmte Erwartungen.

Tabelle 2 stellt die Probandendaten tabellarisch dar. Geschlecht, Alter, Amalgamfüllungszahl und BMI wurden als mögliche Einflussfaktoren auf die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel in Betracht gezogen.



Tabelle 2: Probandendaten im Überblick

Proband	Geschlecht	Alter	Anzahl der Amalgamfüllungen	Gewicht	Größe	BMI
1	w	31	13	63	1,78	19,9
2	w	24	12	63	1,70	21,8
3	w	56	10	69	1,64	25,7
4	m	33	6	82	1,92	22,2
5	m	30	9	78	1,85	22,8
6	m	27	10	75	1,87	21,4
7	m	49	7	80	1,78	25,2
8	m	50	8	75	1,72	25,4
9	m	48	7	80	1,74	26,4
10	m	33	14	87	1,86	25,1

Der Body Mass Index (BMI) bezeichnet das Verhältnis zwischen Gewicht und Größe. Unter Berücksichtigung des Alters kann ermittelt werden, ob das Gewicht des Probanden im Normalbereich liegt. Je nach Alter und Geschlecht liegt der Normalwert des BMI bei 19 bis 25 bei über 19-jährigen Personen. Ab einem BMI von 25 spricht man von Übergewicht, bei einem BMI von unter 19 von Untergewicht.

Der BMI der Probanden lag bei 5 Probanden im Normalbereich. 5 Probanden zeigten leichtes Übergewicht. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch überdurchschnittlich hohe bzw. niedrige Körperfettanteile war somit auszuschließen. Die weiblichen Probanden hatten zwischen 10 und 13 Amalgamfüllungen. Eine Beeinflussung der Ergebnisse bei den weiblichen Probanden aufgrund hoher Quecksilbermengen im Basiswert ist möglich.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Amalgamfüllungszahl unter den Teilnehmern. Fünf Teilnehmer besitzen 6-9 Amalgamfüllungen (Amalgamgruppe 1), fünf Teilnehmer 10-14 Amalgamfüllungen (Amalgamgruppe 2).

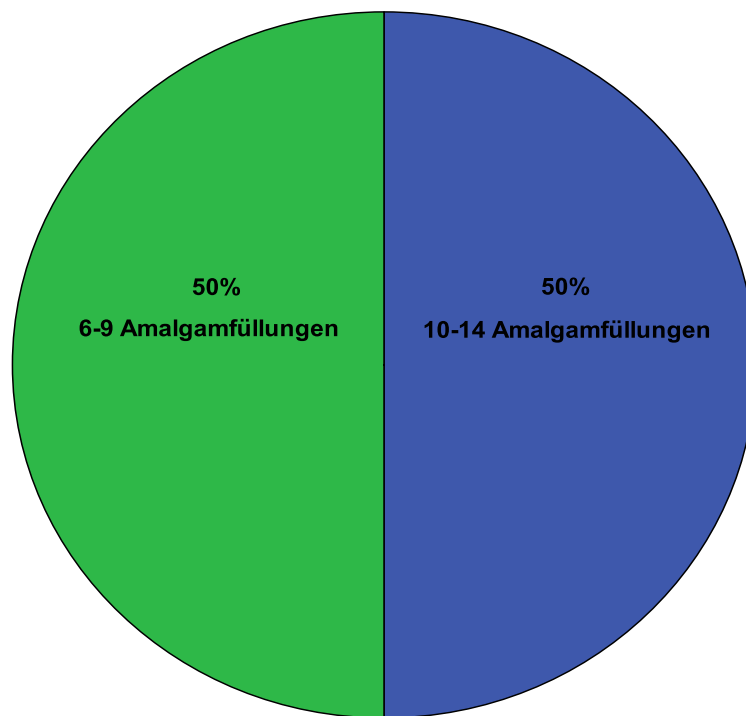


Abbildung 1: Verteilung der Amalgamfüllungszahl unter den Probanden

Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 20 und 59 Jahren. In Abbildung 2 sind die Teilnehmer entsprechend ihrem Alter aufgegliedert. Zwei Teilnehmer befinden sich in der Altersgruppe 20-29 Jahre, vier Teilnehmer in der Altersgruppe 30-39 Jahre, zwei Teilnehmer in der Altersgruppe 40-49 Jahre, zwei Teilnehmer in der Altersgruppe 50-59 Jahre.

Ältere Menschen haben, wie auch Kinder einen speziellen Stoffwechselrhythmus. Im Alter kommt es zu einem verlangsamten Stoffwechsel, sodass Medikamente und Nahrungsergänzungsmittel länger im Körper verweilen (Voß 2007). Die veränderte Wirkung kann nur bedingt abgeschätzt werden. Ebenso können sich bestimmte Krankheiten altersbedingt verschie-

den darstellen. Dieses Wissen muss zukünftig verstärkt in Diagnose und Therapie einbezogen werden.

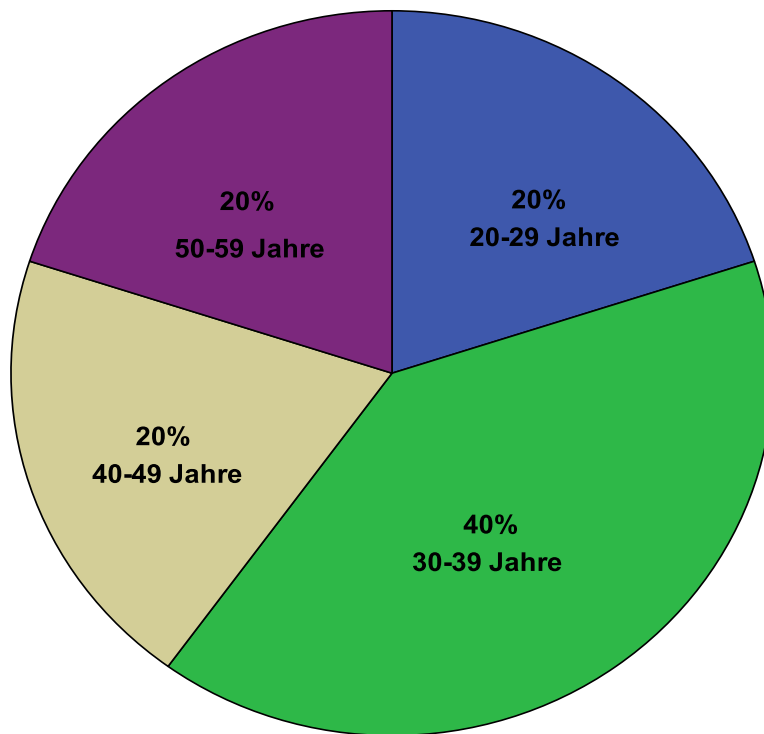


Abbildung 2: Altersverteilung der Probanden

Abbildung 3 zeigt die Geschlechtsverteilung der Untersuchungsteilnehmer. Sieben der Probanden sind männlich, drei weiblich. Durch Forschungsergebnisse der Gender-Forschung weiß man heute, dass bei Frauen höhere Quecksilberkonzentrationen im Urin ermittelt werden können (*Bundesgesundheitsblatt 1998*). Welchen Einfluss das Geschlecht auf die Wirksamkeit von Nahrungsergänzungsmitteln und Medikamenten hat, ist Gegenstand aktueller Forschung und kann bislang nur vermutet werden.

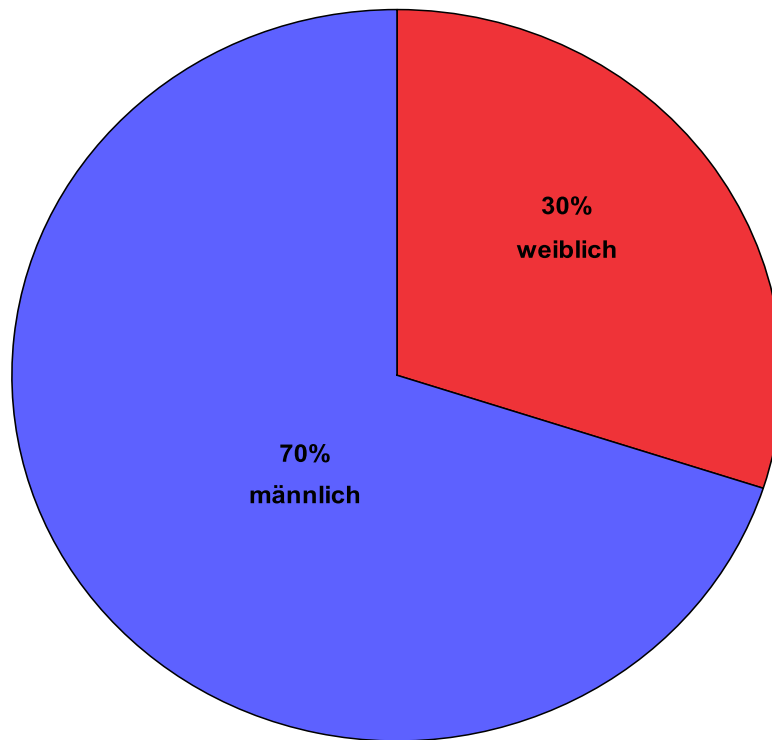


Abbildung 3: Geschlechterverteilung des Kollektivs

## 4.2 Material

**Chlorella pyrenoidosa** ist eine natürlich vorkommende Alge. Sie gilt als die chlorophyllhaltigste Pflanze weltweit und ist aufgrund ihres Eiweißgehaltes von 60-70 Prozent ein ausgezeichneter Energielieferant (*vgl. Kapitel 2.6.2*).

**Bärlauch** ist mit den Pflanzen Schnittlauch, Zwiebel und Knoblauch verwandt. Das Wildgemüse ist in Europa und Teilen Asiens sehr beliebt und wird mit immer größer werdendem Enthusiasmus in den Wäldern gesammelt. Gefährlich ist die große Verwechslungsgefahr. Die im Frühjahr austreibenden Blätter der Herbstzeitlosen, des gefleckten Aronstabes und des Maiglöckchens werden immer wieder mit Bärlauch verwechselt. Dieses Versehen kann tödlich enden (*vgl. Kapitel 2.6.3*).

**Koriander** kann die Blut-Hirn-Schranke überwinden und Quecksilber mobilisieren, welches im Gehirn gespeichert ist. Die Einnahme sollte immer in Kombination mit Bärlauch und Chlorella geschehen (*vgl. Kapitel 2.6.4*).

Folgende Präparate der Firma *Heidelberger Chlorella*<sup>®</sup>, aus Tabelle 3, wurden verwendet.

Tabelle 3: Inhaltsstoffe verwendeter Präparate

<b>Chlorella pyrenoidosa</b>	80 Prozent Chlorella pyrenoidosa Pulver Hydroxypropylmethylcellulose (Kapselhülle)
<b>Bärlauch</b>	76 Prozent Bärlauchpulver Hydroxypropylmethylcellulose (Kapselhülle)
<b>Koriander</b>	Koriander-Pulver gefriergetrocknet Vitamin E (alpha-Tocopherol) Gelatine, zertifiziert BSE-frei (Kapselhülle)

Aufgrund der gleichen Dosierbarkeit wurde bei allen drei Produkten die Kapsel als Darreichungsform gewählt. So sind eine gleichbleibende Konzentration, ein gleichbleibender Kapselinhalt und Produktqualität gesichert, was die Untersuchungsergebnisse quantitativ vergleichbar macht.

Sammelurinbehälter wurden, wie im Gesundheitswesen üblich, in Form von 2,5-Liter-Behältnissen, welche blickdicht und lichtgeschützt sind, zur Verfügung gestellt.

Der gesammelte Urin wurde am Ende durch Kippen des Gefäßes durchmischt und in zwei dafür vorgesehene beschriftete Monovetten aufgezogen. Anschließend wurden beide Monovetten unter Tiefkühlbedingungen von -20° Celsius aufbewahrt und analysiert (*Bundesgesundheitsblatt* 1999).

## 4.3 Methoden

### 4.3.1 Durchführung der Studie

Es wurde die Veränderung der Quecksilberausscheidung durch die Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander betrachtet. Die erwartete Wirkung der Präparate beruht auf der Existenz von Schwefelverbindungen, welche mit Quecksilber stabile Verbindungen eingehen (*siehe Kapitel 2.6.1*).

Nach einmaliger Gabe wurde 24-Stunden-Sammelurin mittels flammloser Atomabsorptionsspektroskopie analysiert (*siehe Kapitel 4.4*).

Die Quecksilberkonzentration in den Körperflüssigkeiten liegt für gewöhnlich mit bis zu 3-5 µg/l weit unterhalb des toxikologischen Grenzwertes (*Schiele et al. 1996, 1998*). Diese Konzentrationsangaben werden durch den HBM-I- und HBM-II-Wert unterstützt. In der vorliegenden Studie wurde Sammelurin herangezogen, um Schwankungen der Harnvolumina auszugleichen (*Saller und Feiereis 1997*). Vor Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel wurde ein Basiswert zur Messung der Quecksilberausscheidung im 24-Stunden-Sammelurin gewonnen. Dieser wurde mit den gemessenen Quecksilbermengen der 24-Stunden-Sammelurine nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel verglichen. Die Vergleiche wurden in zwei definierten Amalgamgruppen durchgeführt die sich bezüglich der Amalgamfüllungszahl unterschieden, da bekannt ist, dass die Quecksilberausscheidung im Urin mit der Anzahl der Amalgamfüllungen korreliert (*Schiele u. Kröncke 1989*).

Abbildung 4 stellt den Verlauf der Untersuchung dar. Rot markierte Tage kennzeichnen die Einnahme eines Präparates, gelb markierte Tage kennzeichnen den 24-Stunden-Sammelurin und grün markierte Tage symbolisieren Ruhetage.

Die Untersuchung wurde auf zwölf Tage angesetzt. Der Untersuchungsablauf wurde dabei in fünf Abschnitte gegliedert. In jedem Abschnitt der Untersuchung wurde das entsprechende Präparat nach Anleitung eingenommen. An den Tagen nach der Präparateeinnahme wurde 24-Stunden-Sammelurin gewonnen. Der nächste Tag war ein Ruhetag. Als Basis- bzw. Vergleichswert wurde am ersten Tag jeweils ein 24-Stunden-Sammelurin gewonnen.

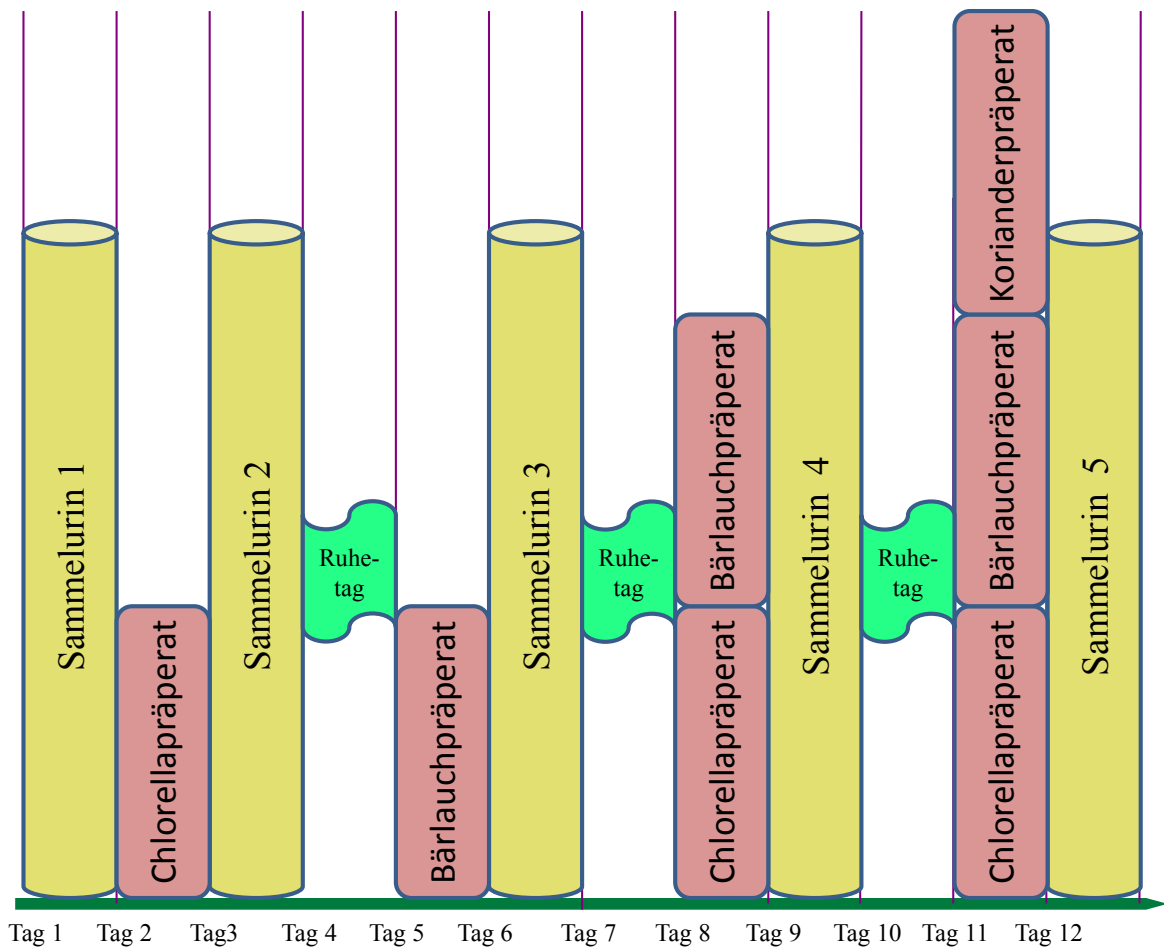


Abbildung 4: Untersuchungsablauf der Studie

#### 4.3.2 Untersuchungsablauf in Tagen

An Tag eins der Untersuchung wurde Sammelurin (Sammelurin 1) gewonnen, welcher als Referenz diente. Dabei wurde die gesamte Urinmenge eines Tages (24 Stunden), in dafür zur Verfügung gestellten Sammelurinbehältern aufgefangen. Nach Beendigung des 24-Stunden-Sammelurins, wurde dieser im Sammelbehälter durchmischt und Aliquote für die Analyse in zwei beschriftete Monovetten aufgezogen. Die Urinmonovetten wurden unter Tiefkühlbedingungen von  $-20^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt und ohne Unterbrechung der Kühlkette am Ende der Versuchsreihe gemeinsam mit den restlichen Monovetten analysiert.

An Tag zwei wurde ein Präparat aus *Chlorella pyrenoidosa* eingenommen. Die Einnahme erfolgte morgens, mittags und abends in Form von zwei Fertigkapseln. Nach der Einnahme

der letzten Kapsel wurde direkt mit dem Sammelurin (Urin 2) begonnen, welcher über 24 Stunden in einem hierfür zur Verfügung gestellten standardisierten Sammelbehälter aufbewahrt wurde. Nach Ende der Urinsammlung wurde dieser im Sammelbehälter gut durchmischt und in hierfür vorgesehene Monovetten aufgezogen. Es wurden pro Sammelurin zwei Monovetten Urin entnommen.

Tag drei war Urinsammeltag. Es wurde kein Präparat eingenommen und 24 Stunden Urin gesammelt.

An Tag vier wurde ein Ruhetag eingelegt. An diesem Tag wurden keine Präparate eingenommen und kein Sammelurin gewonnen.

Am fünften Untersuchungstag wurde wie beschrieben verfahren. Ein Bärlauchpräparat wurde morgens, mittags und abends in Form von Fertigkapseln eingenommen.

Im Anschluss daran wurde am sechsten Tag 24-Stunden-Sammelurin gewonnen. Der Urin wurde durchmischt und es wurden zwei Monovetten des Urins abgezogen und aufbewahrt.

An Tag sieben wurde eine eintägige Einnahme- und Sammelpause eingelegt.

Folgend wurde an Tag acht *Chlorella pyrenoidosa* in Kombination mit Bärlauch eingenommen. Hier wurden morgens, mittags und abends je zwei Fertigkapseln *Chlorella pyrenoidosa* und eine Fertigkapsel Bärlauch eingenommen.

Anschließend wurde wie zuvor an Tag neun der 24-Stunden-Sammelurin gewonnen und in zwei dafür vorgesehene Monovetten aufgezogen.

Tag zehn war Ruhetag. Es wurde kein Präparat eingenommen und kein Urin gesammelt.

Im letzten Abschnitt der Untersuchung, an Tag elf, wurde eine Kombination aus *Chlorella pyrenoidosa*, Bärlauch und Koriander eingenommen. Morgens, mittags und abends je zwei Fertigkapseln *Chlorella pyrenoidosa*, sowie je eine Fertigkapsel Bärlauch und eine Fertigkapsel Koriander.

Urin wurde an Tag zwölf im Anschluss an die Einnahme der Präparate 24 Stunden gesammelt und anschließend in zwei dafür vorgesehene Monovetten aufgezogen.

Die Präparate wurden jeweils zu den Mahlzeiten mit einem Glas Wasser eingenommen. Während des Untersuchungszeitraumes durften die Teilnehmer nicht rauchen, keinen Alkohol trinken, keine anderen Nahrungsergänzungspräparate, keine Medikamente einnehmen und keinen Kaugummi kauen.



### 4.3.3 Urinprobengewinnung

Die Urinproben sind 24-Stunden-Sammelurin. Für die Urinsammlung wurden handelsübliche 2,5-Liter-Polyethylenflaschen mit Weithalsöffnung und Schraubverschluss ausgehändigt. Glasflaschen sind ungeeignet, da an Wänden der Flaschen Adsorptionseffekte auftreten (*Bundesgesundheitsblatt 1999*). Direkt nach Beendigung des Sammelvorganges wird der Urin in zwei dafür vorgesehene beschriftete Urinmonovetten aufgezogen und Tiefkühlbedingungen ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) zugeführt (*Bundesgesundheitsblatt 1999*).

Urin eignet sich aufgrund der Proportionalität zwischen der Quecksilbermenge im Urin und der Anzahl vorhandener Amalgamfüllungen besonders gut als Untersuchungsmedium. Signifikante Zusammenhänge zwischen Amalgamfüllungszahl und messbarer Quecksilberausscheidung im Urin sind unumstritten (*vgl. Kapitel 5.1*). Ein Zahn verfügt über fünf Flächenbuccal, oral, mesial, distal und okklusal. Frontzähne besitzen vier Flächen. Jeder Fläche kann eine Füllung zugeordnet werden. In Studien konnte gezeigt werden, dass die Quecksilberkonzentration im Urin bei Einbeziehung weiterer zehn Oberflächen durchschnittlich um  $1\text{ }\mu\text{g/l}$  steigt (*Kingman et al. 1998*). Bei einer Amalgamfüllungszahl von 13 konnte eine täglich resorbiert Menge von  $3\text{ }\mu\text{g}$  verzeichnet werden (*Mackert und Berglund 1997*).

### 4.4 Analysemethoden

Der Nachweis von Quecksilber im Urin erfolgte mittels Kaltdampfatomabsorptionsspektroskopie. Kaltdampfatomabsorptionsspektroskopie ist geeignet um die totale Quecksilbermenge in Urin und Blut zu messen (*Wirz 1990, Winfield et al. 1994, Kinder-Umwelt-Survey 2003*). Die realistische Nachweisgrenze für Quecksilber im 24-Stunden-Sammelurin liegt bei  $0,02\text{ }\mu\text{g/l}$  (*Bertram und Müller 1993*).

### 4.5 Statistik

Zur statistischen Analyse wurde 24-Stunden-Sammelurin an fünf Tagen pro Teilnehmer erfasst. Besondere Bedeutung kam dem Basiswert zu. Durch diesen Wert konnten potenzielle Veränderungen infolge der Einnahme der verschiedenen Präparate analysiert werden.

Tabelle 4 zeigt die statistischen Methoden, die Anwendungsvoraussetzung und deren Aussage die zur Anwendung kamen.

Tabelle 4: Methoden dieser Studie, deren Anwendungsvoraussetzungen und Aussage

<b>Methode</b>	<b>Anwendungsvoraussetzungen</b> <i>(Jansen und Laatz 2005)</i>	<b>Aussage</b> <i>(Jansen und Laatz 2005, Brosius 2010)</i>
<b>Bestimmtheitsmaß (<math>R^2</math>)</b>	Abhängige und unabhängige Variablen können identifiziert werden	Linearer Zusammenhang zwischen einer abhängigen und unabhängigen Variable für „n“ Beobachtungen
<b>Wilcoxon-Test</b>	Anwendung bei kleinen Stichproben, wenn die Anwendungsvoraussetzungen von t-Tests nicht erfüllt werden (parameterfreier Ersatz)	Untersuchung auf Basis von Medianen, ob signifikante Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben vorliegen
<b>Mann-Whitney-U-Test</b>	Anwendung bei kleinen Stichproben, wenn die Anwendungsvoraussetzungen von t-Tests nicht erfüllt werden (parameterfreier Ersatz)	Untersuchung auf Basis von Rangvergleichen, ob signifikante Unterschiede zwischen unabhängigen Stichproben vorliegen
<b>Boxplot</b>	Grafische Darstellung von Verteilungen bei explorativer Datenanalyse. Das heißt, keine Auskunft über Einzelwerte, sondern nur über zusammenfassende Statistiken	Die grafische Darstellung des Boxplots gibt Einblicke über die Verteilung, indem der Median, die oberen und unteren Quartile sowie die Ausreißer (Punkte in den Abbildungen) und Extremwerte (Sterne in den Abbildungen) abgebildet sind. Boxplots sind zudem gut geeignet, um Extremwerte zu identifizieren

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Quecksilberausscheidung im Urin in Abhängigkeit der Anzahl der Amalgamfüllungen

Wie aus der Literatur bekannt, ist ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilbermenge im Urin zu erwarten (*Visser 1993, Sandborgh-Englund 1996, Krause et al. 1996, Kingman et al. 1998, Schiele et al. 1999, Zimmer et al. 2002*). Dieser lineare Zusammenhang wurde auch in dieser Untersuchung bestätigt. Abbildung 5 zeigt den lineare Zusammenhang zwischen Amalgamfüllungszahl und der ausgeschiedenen Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin in  $\mu\text{g}/24\text{h}$  für den gemessenen Basiswert an Tag eins der Studie.

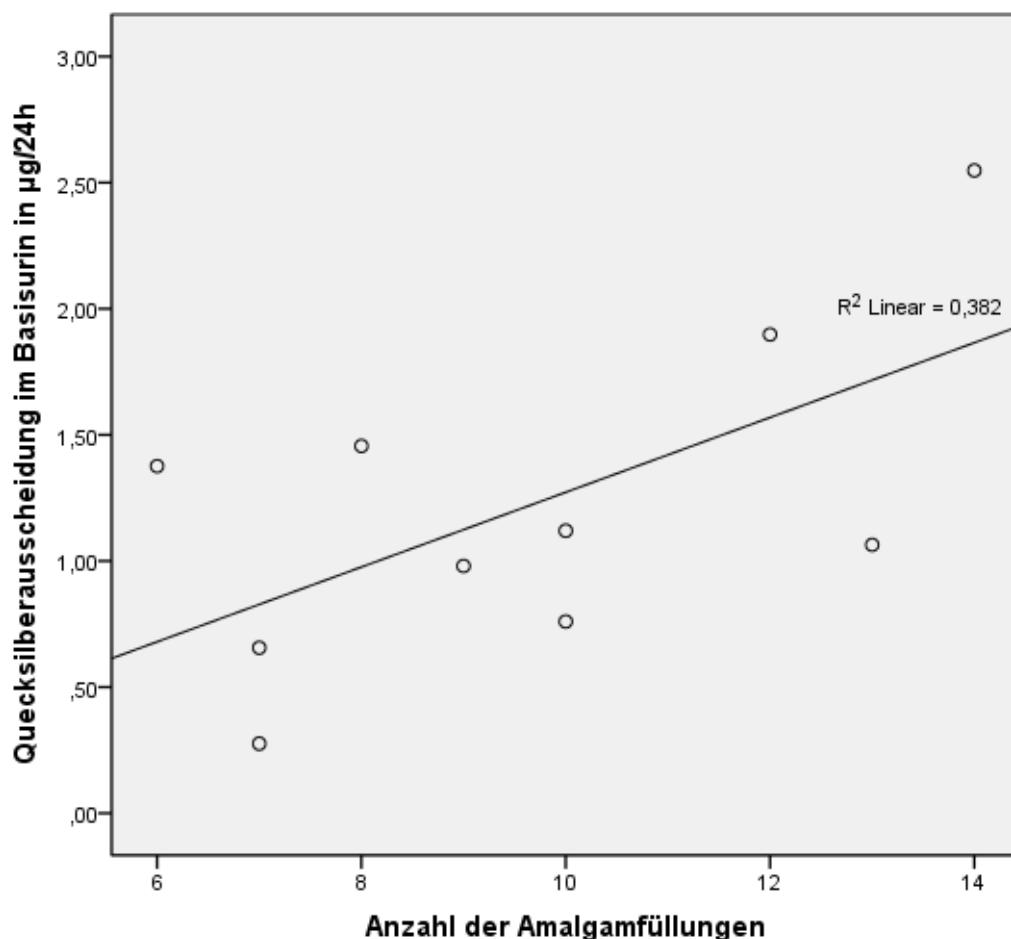


Abbildung 5: Quecksilbermenge in Abhängigkeit der Amalgamfüllungszahl

Mit einem Bestimmtheitsmaß bzw. R-Quadrat ( $R^2$ ) von 0,382 bestand ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen (erklärende bzw. unabhängige Variable) auf die Quecksilbermenge des Basiswertes im 24-Stunden-Sammelurin in  $\mu\text{g}/24\text{h}$  (erklärte bzw. abhängige Variable). Dieser lineare Zusammenhang wird auf einer Skala von 0 bis 1 gemessen (Brosius 2010). Je stärker sich dieser Koeffizient an die 1 annähert, desto stärker ist der lineare Zusammenhang. Bei einem linearen Zusammenhang von 1 wäre die Quecksilbermenge vollständig durch die Anzahl der Amalgamfüllungen erklärbar.

Die Betrachtung des Streudiagramms (vgl. Abbildung 5) zeigt, dass das Ausscheidungsmaximum bei einem Probanden mit vierzehn Amalgamfüllungen lag. Die Quecksilbermenge war hier  $2,55 \mu\text{g}/24\text{h}$ . Die geringste Ausscheidung zeigte ein Proband mit nur sieben Amalgamfüllungen und einer Quecksilbermenge von  $0,28 \mu\text{g}/24\text{h}$ .

Weitergehend wurde der lineare Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilbermenge anhand der fünf Erhebungen des 24-Stunden-Sammelurins im Untersuchungsablauf bestimmt. Durch die Ermittlung des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) für alle Entnahmen kann analysiert werden, ob die Stärke dieses Zusammenhangs durch die Präparateinnahme beeinflusst wird. Tabelle 5 zeigt den linearen Zusammenhang zwischen der Amalgamfüllungszahl und der ausgeschiedenen Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin anhand des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) für die jeweiligen Untersuchungstage.

Tabelle 5: Linearer Zusammenhang zwischen der Amalgamfüllungszahl in Bezug zur ausgeschiedenen Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin

<b>Sammelurin</b>	<b>Basiswert (Tag1)</b>	<b>Chlorella (Tag3)</b>	<b>Bärlauch (Tag6)</b>	<b>Chlorella +Bärlauch (Tag9)</b>	<b>Chlorella +Bärlauch +Koriander (Tag 12)</b>
<b>N = (10)</b>	$R^2 = 0,382$	$R^2 = 0,325$	$R^2 = 0,306$	$R^2 = 0,238$	$R^2 = 0,268$

An allen Untersuchungstagen bestand, unabhängig vom eingenommenen Präparat ein tendenziell vergleichbar schwach positiver linearer Zusammenhang zwischen der Amalgamfüllungszahl und der ausgeschiedenen Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin. Jedoch waren alle R-Quadrate dieser linearen Regressionsgleichungen nicht signifikant, was in der kleinen Stichprobe von zehn Personen begründet sein dürfte.

## **5.2 Verlauf nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel**

Nachfolgend sind die Einzelverläufe der Teilnehmer über den Untersuchungszeitraum von zwölf Tagen grafisch dargestellt. Es erfolgte die Einteilung des Untersuchungskollektives in Amalgamgruppe 1 (6 - 9 Amalgamfüllungen) und Amalgamgruppe 2 (10-14 Amalgamfüllungen). Amalgamgruppe 1 ist rot gekennzeichnet, während die blauen Verläufe Amalgamgruppe 2 widerspiegeln. Die gemessene Quecksilberausscheidung wird in  $\mu\text{g}/24\text{h}$  angegeben. An Tag zwei, fünf, acht und elf wurden, wie in Kapitel 4.3.1 dargestellt, Nahrungsergänzungsmittel eingenommen. Die Präparate wurden entsprechend der Kennzeichnung eingenommen.

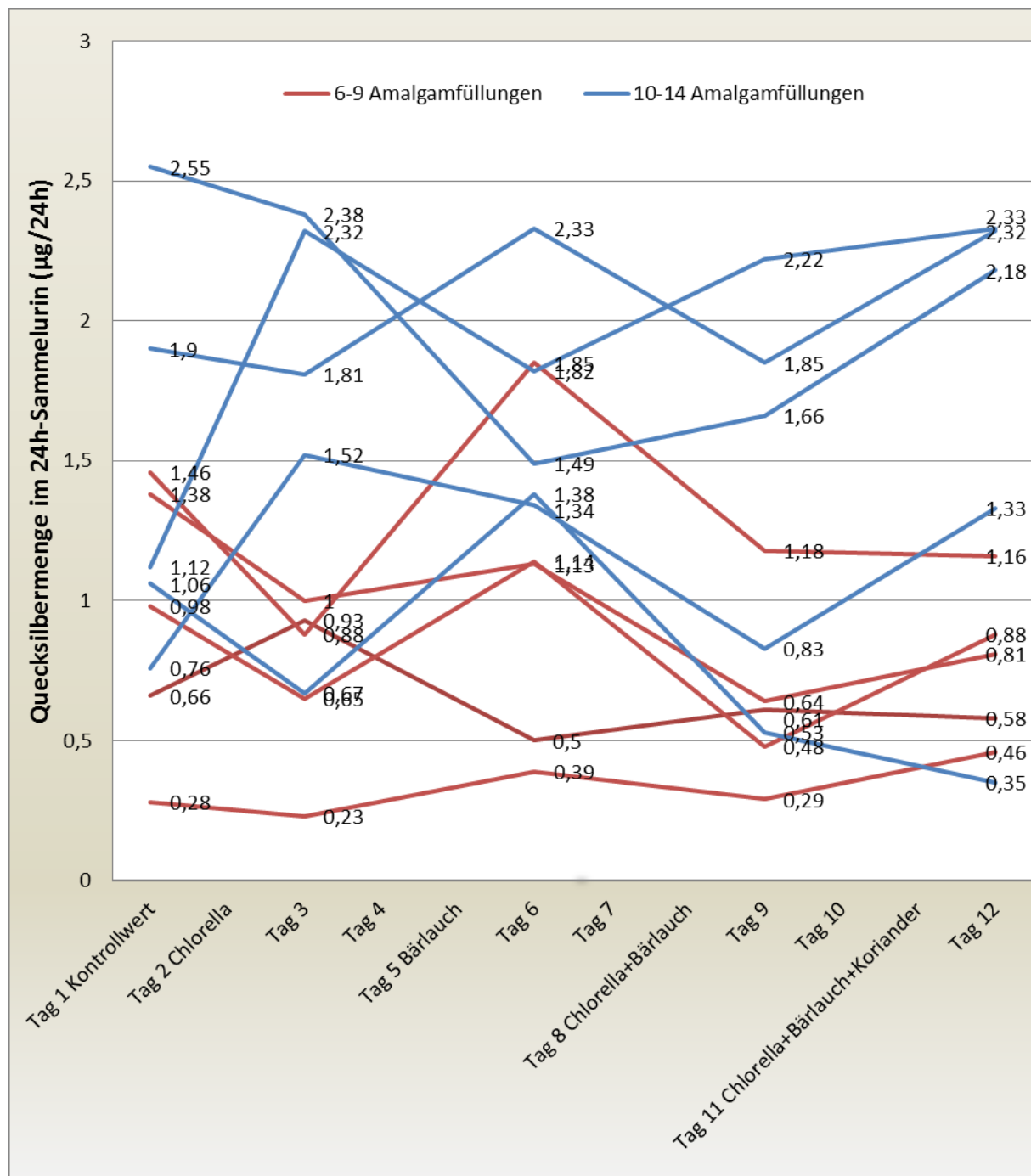


Abbildung 6: Quecksilberausscheidung in Abhängigkeit der Nahrungsergänzungspräparate und der Anzahl der Amalgamfüllungen

In Amalgamgruppe 1 war kein einheitlicher Verlauf erkennbar, nur eine tendenziell niedrigere Quecksilbermenge im Urin als in Amalgamgruppe 2. Auch Amalgamgruppe 2 folgt keinem einheitlichen Verlauf. Die Quecksilberausscheidung nach Einnahme der Präparate sank und stieg ohne erkennbaren Zusammenhang. Nach der Einnahme von Chlorella und Chlorella + Bärlauch kam es in Amalgamgruppe 1 zu einem geringfügigen Absinken der Quecksilber-

menge. Amalgamgruppe 2 reagierte auf die Einnahme von Chlorella ungerichtet. Die Einnahme des Bärlauch Präparates zeigte, wie in Abbildung 6 zu erkennen, keine einheitlichen Veränderungen der Quecksilbermenge. Sowohl bei Amalgamgruppe 1 als auch Amalgamgruppe 2 war kein eindeutiger Trend zu verzeichnen. Die Einnahme der Präparatekombination Chlorella + Bärlauch zeigte in der Grafik einen Trend. Die Quecksilbermenge im Urin sank bei Amalgamgruppe 1 und 2 deutlich. Im letzten Abschnitt der Untersuchung wurden Chlorella + Bärlauch + Koriander als Präparatekombination verabreicht. Eine einheitliche Veränderung der Quecksilbermenge ist auch hier nicht zu erkennen. Die Menge des ausgeschiedenen Quecksilbers bewegt sich um die des Basiswertes.

In Abbildung 7 ist die Quecksilberausscheidung nach Einnahme der Präparate dargestellt, welche im Bezug zum Basiswert bestimmt wurde. Den farbigen Verläufen wurde je ein Untersuchungsintervall zugeordnet.

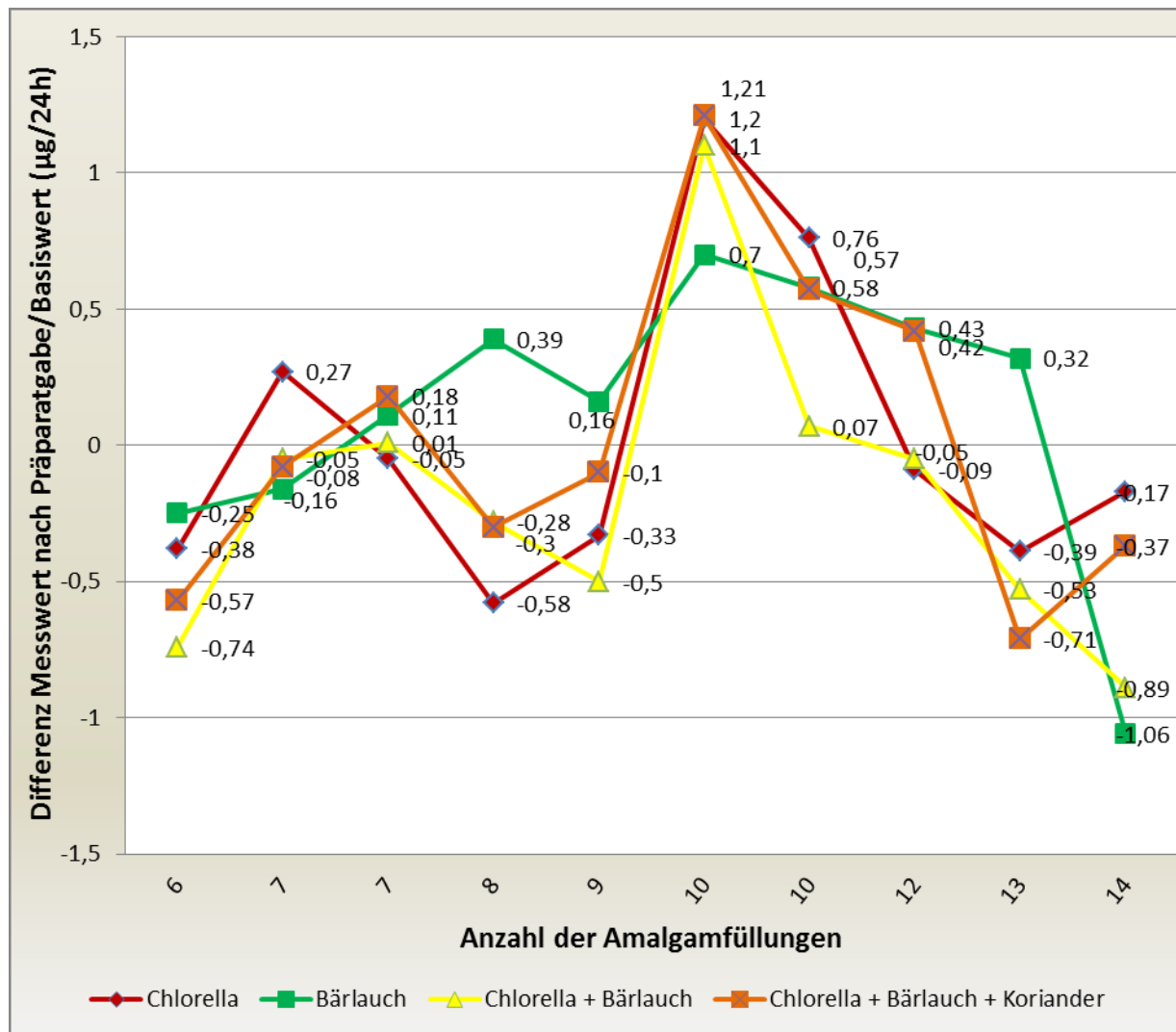


Abbildung 7: Unterschiede der Quecksilberausscheidung zwischen Messwert nach Präparatgabe und Basiswert in Abhängigkeit der Nahrungsergänzungspräparate und der Zahl der Amalgamfüllungen

Die Messwerte des Teilnehmers mit sechs Amalgamfüllungen lagen nach jeder der vier Einnahmeintervalle unterhalb des Basiswertes. Er hat folglich nach der Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel 0,25 µg/24h bis 0,74 µg/24h weniger Quecksilber ausgeschieden als im Basisurin vor Untersuchungsbeginn.

Bei den Teilnehmern mit sieben Amalgamfüllungen variierten die Messwerte nach der Einnahme der Präparate eng um die Basiswerte. Während ein Teilnehmer geringfügig weniger Quecksilber ausschied (bis zu 0,16 µg/24h), erhöhte sich die Quecksilbermenge des zweiten



Teilnehmers mit sieben Amalgamfüllungen geringfügig (bis zu 0,18 µg/24h). In Bezug auf diese Füllungszahl war für keines der Nahrungsergänzungsmittel ein Trend zu erkennen.

Der Proband mit acht Amalgamfüllungen schied nach der Bärlaucheinnahme 0,39 µg/24h mehr Quecksilber aus als im Basisurin. Der Teilnehmer mit neun Amalgamfüllungen schied 0,16 µg/24h mehr Quecksilber aus als zuvor.

Nach der Einnahme von Chlorella, Chlorella + Bärlauch sowie Chlorella + Bärlauch + Koriander kam es, bezogen auf den Basisurin, bei einer Amalgamfüllungszahl von acht und neun zu einer verringerter Quecksilberausscheidung. Es wurde je nach Präparat zwischen 0,1 µg/24h (nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander bei neun Amalgamfüllungen) und 0,58 µg/24h (nach der Einnahme von Chlorella bei acht Amalgamfüllungen) weniger Quecksilber als im entsprechenden Basisurin ausgeschieden.

Bei den Probanden mit zehn Amalgamfüllungen zeigte sich ein deutlicher Trend. Es kam zu einem ausgeprägten Anstieg der Quecksilbermenge im Urin und somit zur größten Steigerung der Quecksilberausscheidung nach Präparateeinnahme. Bezogen auf den Basisurin wurden nach Chlorella + Bärlauch + Koriander 1,21 µg/24h mehr Quecksilber ausgeschieden als vor der Einnahme. Die Einnahme von Chlorella zeigte ein ähnlich deutliches Ergebnis mit einem Anstieg um 1,2 µg/24h. Die Kombination Chlorella + Bärlauch führte zu einer vermehrten Quecksilberausscheidung von 1,1 µg/24h. Auch nach der Bärlaucheinnahme konnte ein Anstieg der Quecksilbermenge (um 0,7 µg/24h zum Basisurin) im Sammelurin beobachtet werden.

Bei einer Amalgamfüllungszahl von zwölf war eine gesteigerte Änderung der Quecksilbermenge zum Basisurin nach der Einnahme von Bärlauch um 0,43 µg/24h zu erkennen. Nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander konnte ein Anstieg von 0,42 µg/24h verzeichnet werden. Chlorella + Bärlauch führte bezogen auf den Basiswert zu einem sinken der Quecksilbermenge um 0,05 µg/24h Urin. Nach der Gabe von Chlorella veränderte sich die Quecksilbermenge des Probanden mit zwölf Amalgamfüllungen um 0,9 µg/24h unter den Wert des Basisurin. Es wurde nach der Einnahme von Chlorella und Chlorella + Bärlauch weniger Quecksilber ausgeschieden, als im zuvor bestimmten Basisurin. Die Aussagekraft von solch geringfügigen Veränderungen ist fragwürdig.

Die Ergebnisse des Probanden mit 13 Amalgamfüllungen zeigten einen Anstieg der Quecksilbermenge nach der Einnahme des Bärlauchpräparates um 0,32 µg/24h. Die restlichen Prä-

parate führten bei einer Amalgamfüllungszahl von 13 und 14 zu einem klaren Absinken der Quecksilbermenge unter den Wert des Basisurins. Bei dem Probanden mit 13 Amalgamfüllungen wurden von 0,39 µg/24h (nach der Einnahme von Chlorella) bis zu 0,71 µg/24h (nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander) weniger Quecksilber ausgeschieden als im Basisurin. Der Proband mit 14 Amalgamfüllungen zeigte ein Absinken der Quecksilbermenge von 0,17 µg/24h (nach der Einnahme von Chlorella) bis zu 1.06 µg/24h (nach der Einnahme von Bärlauch) unter den Wert des Basisurins.

In der Gesamtbetrachtung zeigte lediglich Bärlauch den Trend zu einer gesteigerten Quecksilberausscheidung im Vergleich zum Basiswert. Nach der Einnahme von Chlorella, Chlorella + Bärlauch sowie Chlorella + Bärlauch + Koriander war kein deutlicher Trend zu verzeichnen. Eine ungenügende Reaktion der Probanden auf die Nahrungsergänzungsmittel war bei dem Teilnehmer mit sechs Amalgamfüllungen zu verzeichnen. Deutliche Ergebnisse nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel waren bei einer Amalgamfüllungszahl von zehn zu erkennen. Dies könnte vermuten lassen, dass die Anzahl der Amalgamfüllungen und damit die erhöhte Quecksilberausscheidung zu einer besseren Wirksamkeit der Präparate führen. Jedoch zeigte sich kein entsprechender Effekt bei umfangreicherer Amalgamversorgung.

Klar abgrenzbare und signifikante Ergebnisse ließen sich insgesamt nicht herstellen. Es kann auch nicht abgeleitet werden, ob die gemessenen geringen Änderungen der Quecksilberausscheidung mit dem Urin durch die Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel verursacht waren, und in wie weit die Ergebnisse reproduzierbar sind.

### **5.3 Quecksilberausscheidung in Abhängigkeit von den eingenommenen Präparaten unter Berücksichtigung der Anzahl der Amalgamfüllungen**

#### **5.3.1 Quecksilberausscheidung im Vergleich**

In Tabelle 6 sind die Medianwerte der gemessenen Quecksilbermengen zusammengefasst. Der Median entspricht etwa dem geometrischen Mittel der Untersuchungsergebnisse. Sortiert man Untersuchungsergebnisse der Größe nach, ist der Median der Wert in der Mitte der Abfolge. Er ist in seiner Darstellung robust gegen Ausreißer (*Jansson u. Laatz 2005*). Eine grafische Darstellung der Untersuchungsergebnisse mittels Boxplot erfolgt in den anschließenden Kapiteln.

Tabelle 6: Medianwertvergleich der gemessenen Quecksilbermengen

<b>Medianvergleich</b>	<b>Basiswert</b>	<b>Chlorella</b>	<b>Bärlauch</b>	<b>Chlorella +Bärlauch</b>	<b>Chlorella +Bärlauch +Koriander</b>
Amalgamgruppe1 (6-9 Füllungen) (n=5)	0,98 µg/24h	0,88 µg/24h	1,13 µg/24h	0,61 µg/24h	0,81 µg/24h
Amalgamgruppe2 (10-14 Füllungen) (n=5)	1,12 µg/24h	1,81 µg/24h	1,49 µg/24h	1,66 µg/24h	2,18 µg/24h
Alle Teilnehmer (n=10)	1,09 µg/24h	0,965 µg/24h	1,36 µg/24h	0,735 µg/24h	1,02 µg/24h

In Tabelle 6 sind die Mediane der Quecksilbermengen nach Anzahl der Amalgamfüllungen in Amalgamgruppe 1 und 2 unterteilt, sowie die Mediane beider Gruppen zusammengefasst dargestellt.

Erkennbar ist, dass bei Amalgamgruppe 1 einzig nach der Einnahme von Bärlauch ein Anstieg des Medianwertes zu verzeichnen war. Bei den restlichen Untersuchungsabschnitten sank die Quecksilbermenge nach Präparateeinnahme sogar. Jedoch lässt die geringe Differenz von 0,15 µg/24h reproduzierbare Ergebnisse bezüglich der ausleitenden Fähigkeiten nur vermuten. Die Änderungen zum Basiswert waren so gering, dass zufällige Ergebnisse durch Schwankungen nicht ausgeschlossen werden können.

Dagegen zeigte sich in Amalgamgruppe 2 ein Anstieg des Median in jedem Untersuchungsabschnitt. Die Unterschiede waren nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander am deutlichsten. Nach Einnahme dieses Kombinationspräparates beträgt der Anstieg zum Median des Basiswertes 1,06 µg/24h. Dieser deutliche Trend zu einer vermehrten Quecksilberausscheidung konnte aber statistisch nicht gesichert werden (*vgl. Kapitel. 5.3.6*).

Betrachtet man alle Teilnehmer gemeinsam, so zeichnete sich weder ein Trend noch eine signifikante Aussage ab. Lediglich nach der Einnahme von Bärlauch kam es zu einem Anstieg um 0,27 µg/24h. Im Untersuchungsabschnitt Chlorella + Bärlauch konnte sogar eine verrin-

gerte Quecksilbermenge im Urin nachgewiesen werden, die im Median 0,355 µg/24h beträgt. Auslöser hierfür lassen sich nur vermuten.

### 5.3.2 Quecksilberausscheidung in Abhängigkeit des Geschlechtes

Es wird vermehrt an einer alters- und geschlechtsspezifischen Medizin mit angepasster Medikamentendosierung gearbeitet. Bestimmte Krankheiten zeigen unterschiedliche Symptome bei Mann und Frau und müssen entsprechend unterschiedlich behandelt werden. So werden Herzinfarkte bei Frauen immer wieder nicht erkannt oder fehldiagnostiziert. Eine angepasste Medikamentengabe ist bei vielen Medikamenten und Nahrungsergänzungsmitteln erforderlich, da den Unterschieden im Stoffwechselsystem Folge geleistet werden muss.

Erste Erfolge sind die seit 2007 eingesetzten Knieprothesen, welche speziell für Männer und Frauen angefertigt werden. Die Medizin kann den individuellen Anforderungen so besser gerecht werden. Der Einsatz von Medikamenten und Nahrungsergänzungsmitteln, speziell für Frauen und Männer, sind Gegenstand aktueller Forschungsbestrebungen. Die geschlechtsspezifische Behandlung mit Bisphosphonaten ist hier ein Beispiel, dass diese Bestrebungen in der praktischen Medizin Einzug gehalten haben.

Auch in dieser Untersuchung zeigte sich ein Unterschied zwischen dem Ausscheidungsverhalten der weiblichen und der männlichen Teilnehmer. Aufgrund der geringen Probandenzahl konnte keine Signifikanz ermittelt werden. Inwiefern die erhöhte Quecksilbermenge im Urin geschlechtsspezifischen Wirkmechanismen zugesprochen werden kann, ist unklar, da die weiblichen Probanden mit einer erhöhten Quecksilbermenge im Basiswert, bedingt durch die hohe Amalgamfüllungszahl, in die Untersuchung starteten.

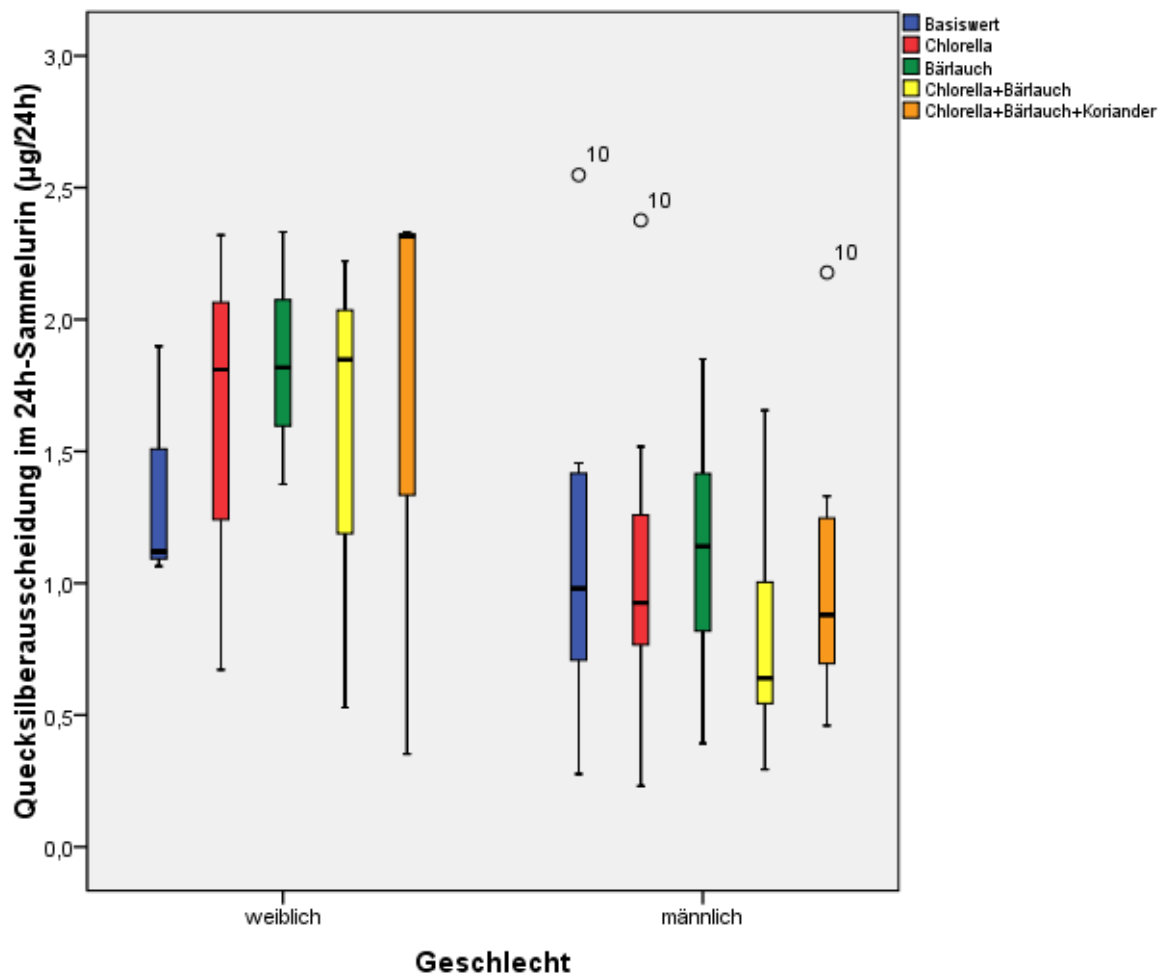


Abbildung 8: Quecksilberausscheidung vor Untersuchungsbeginn und nach der Präparateeinnahme in Abhängigkeit vom Geschlecht

In Abbildung 8 ist zu erkennen, dass es nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel zu einer gesteigerten Quecksilberausscheidung auf Seiten der weiblichen Probanden kam. Alle Präparate führten zu einem Anstieg der Quecksilbermenge im 24 Stunden-Sammelurin. Am deutlichsten war das Ergebnis nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander. Der Median erreichte hier bei den Teilnehmerinnen seinen Höchstwert.

Bei den männlichen Probanden der Untersuchung konnte kein Trend festgestellt werden. Die Mediane der ausgeschiedenen Quecksilbermengen nach Einnahme der Präparate bewegten sich um den des Basiswertes und zeigten somit keine Veränderung. Einzig Proband 10 fällt mit außergewöhnlich hohen Werten auf. Diese erhöhten Werte sind jedoch schon im Basiswert auffällig und können daher nicht auf die Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel zurückgeführt werden. Vielmehr zeigt sich bei ihm nach der Einnahme von Bärlauch sowie

Chlorella + Bärlauch eine deutlich verminderte Quecksilberausscheidung, welche bezüglich der Quecksilberausleitung als wirkungslos bzw. sogar kontraproduktiv angesehen werden muss.

Mögliche Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse bei den weiblichen und Männlichen Probanden ist neben den physiologischen Unterschieden die Anzahl der Amalgamfüllungen und die geringe Probandenzahl bei den Frauen. Es konnten 3 Frauen mit 10 bis 13 Amalgamfüllungen analysiert werden. Der durch die Amalgamfüllungszahl erhöhte Basiswert könnte eine mögliche Ursache für die erhöhten Messdaten nach Präparateinnahme sein. Ein Einfluss des Geschlechtes auf die Wirksamkeit der Nahrungsergänzungsmittel ist daher unwahrscheinlich.

### **5.3.3 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa**

Nachfolgend ist in Abbildung 9 der Zusammenhang zwischen der veränderten Quecksilbermenge nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa und dem Basiswert dargestellt. Es wurde bei der Betrachtung der Ergebnisse in Amalgamgruppe 1 und Amalgamgruppe 2 unterteilt.

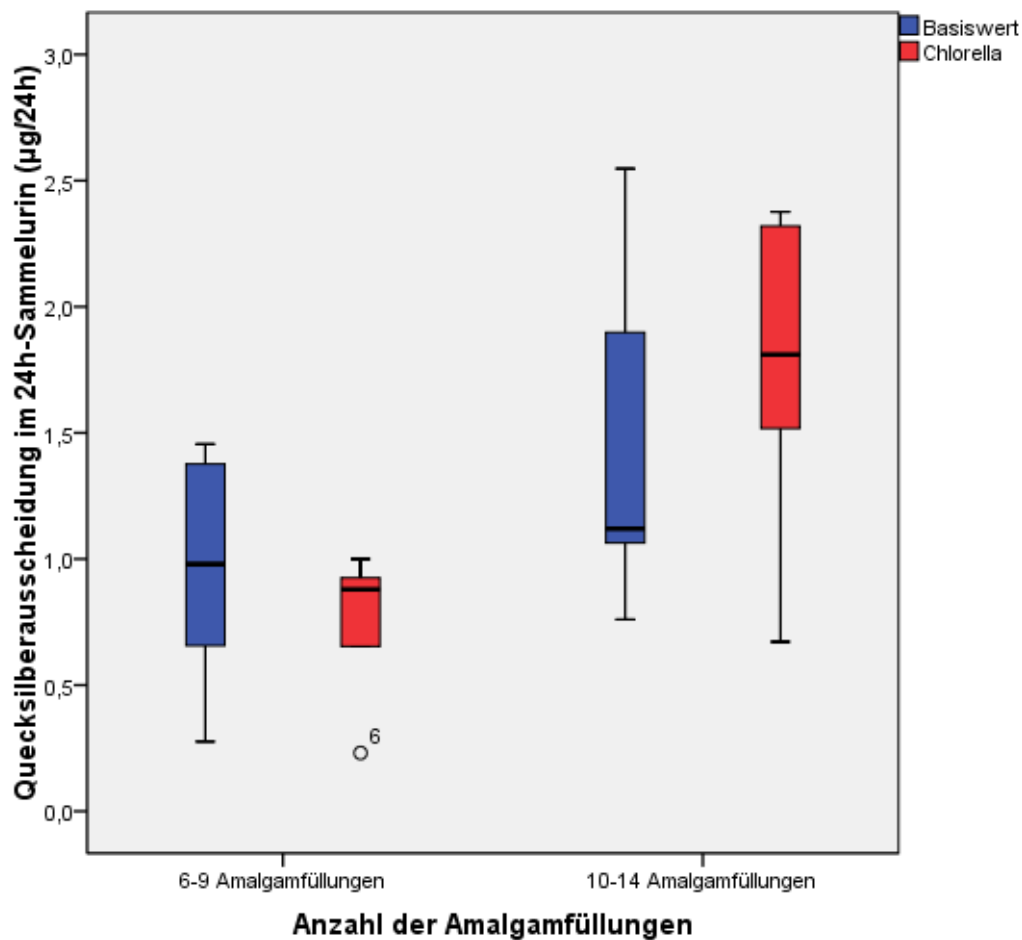


Abbildung 9: Quecksilberausscheidung nach der Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa*

Nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel kam es in Amalgamgruppe 2 zu einem deutlichen Anstieg der ausgeschiedenen Quecksilbermenge. Der Median in Amalgamgruppe 2 stieg von 1,12 µg/24h des Basiswertes auf 1,81 µg/24h nach Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa*. Amalgamgruppe 1 zeigte nach Präparateeinnahme nur unwesentliche Veränderungen in der ausgeschiedenen Quecksilbermenge. Der Median sank in Amalgamgruppe 1 geringfügig von 0,98 µg/24h auf 0,88 µg/24h. Einzig Teilnehmer Nummer 6 zeigte sich als Ausreißer (0,23 µg/24h) in Amalgamgruppe 1 nach Einnahme der Kapseln mit *Chlorella pyrenoidosa*. Ursache könnte die geringe Urinmenge von 770 ml sein. Diese Urinmenge stellte im kompletten Untersuchungsfeld das Minimum dar.

### 5.3.4 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von Bärlauch

Abbildung 10 zeigt den Zusammenhang zwischen der Quecksilberkonzentration im Basisurin und der Quecksilberkonzentration im 24-Stunden-Sammelurin nach Einnahme des Bärlauch Präparates.

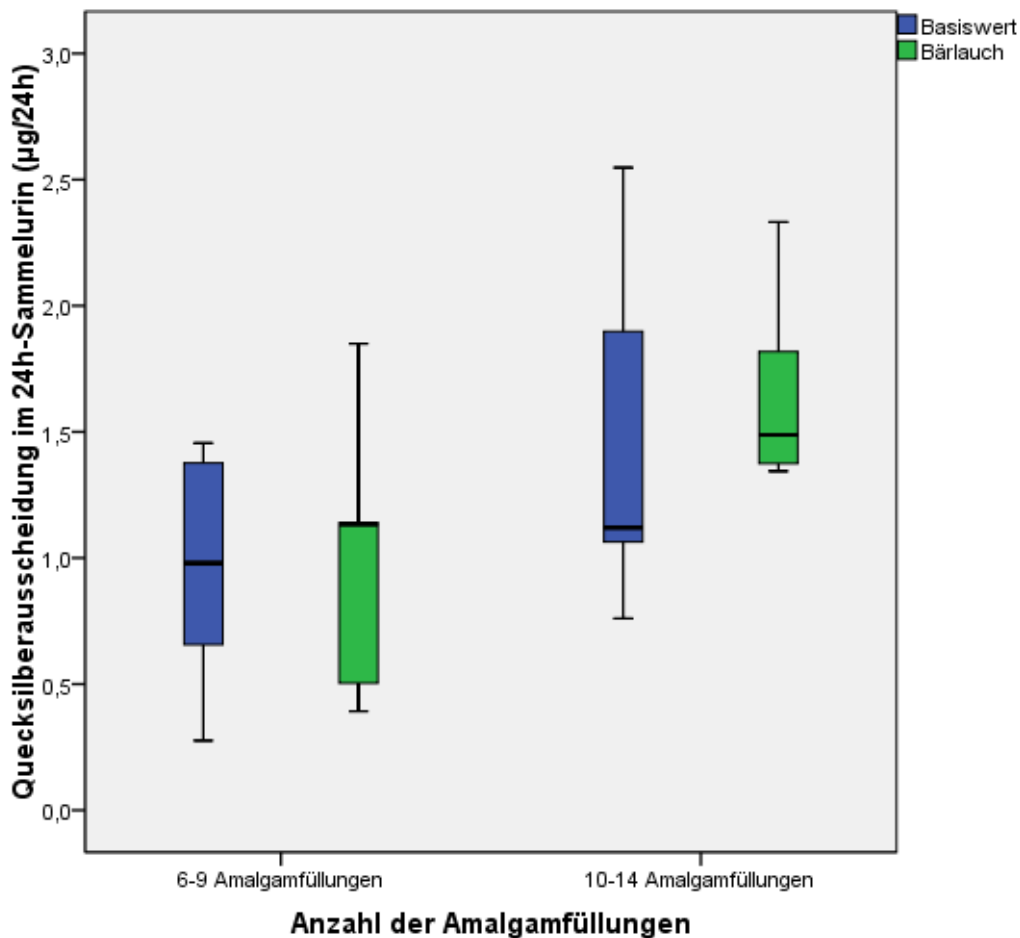


Abbildung 10: Quecksilberkonzentration in Amalgamgruppe 1 und Amalgamgruppe 2 nach der Einnahme von Bärlauch

Analog zu den vorhergehenden Ergebnissen war ein Mediananstieg der Quecksilberkonzentration in Amalgamgruppe 2 nach Einnahme des Bärlauchpräparates (von 1,12 µg/24h auf 1,49 µg/24h) zu erkennen. Auch in Amalgamgruppe 1 war nach Einnahme des Bärlauchpräparates ein geringer, aber erkennbarer Anstieg der Quecksilberkonzentration zu verzeichnen. Der Median der Amalgamgruppe 1 stieg von 0,98 µg/24h des Basisurins auf 1,13 µg/24h nach Bärlaucheinnahme.



### 5.3.5 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa* und Bärlauch

Abbildung 11 stellt die Veränderung des Medians nach Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa* und Bärlauch zum Basiswert dar.

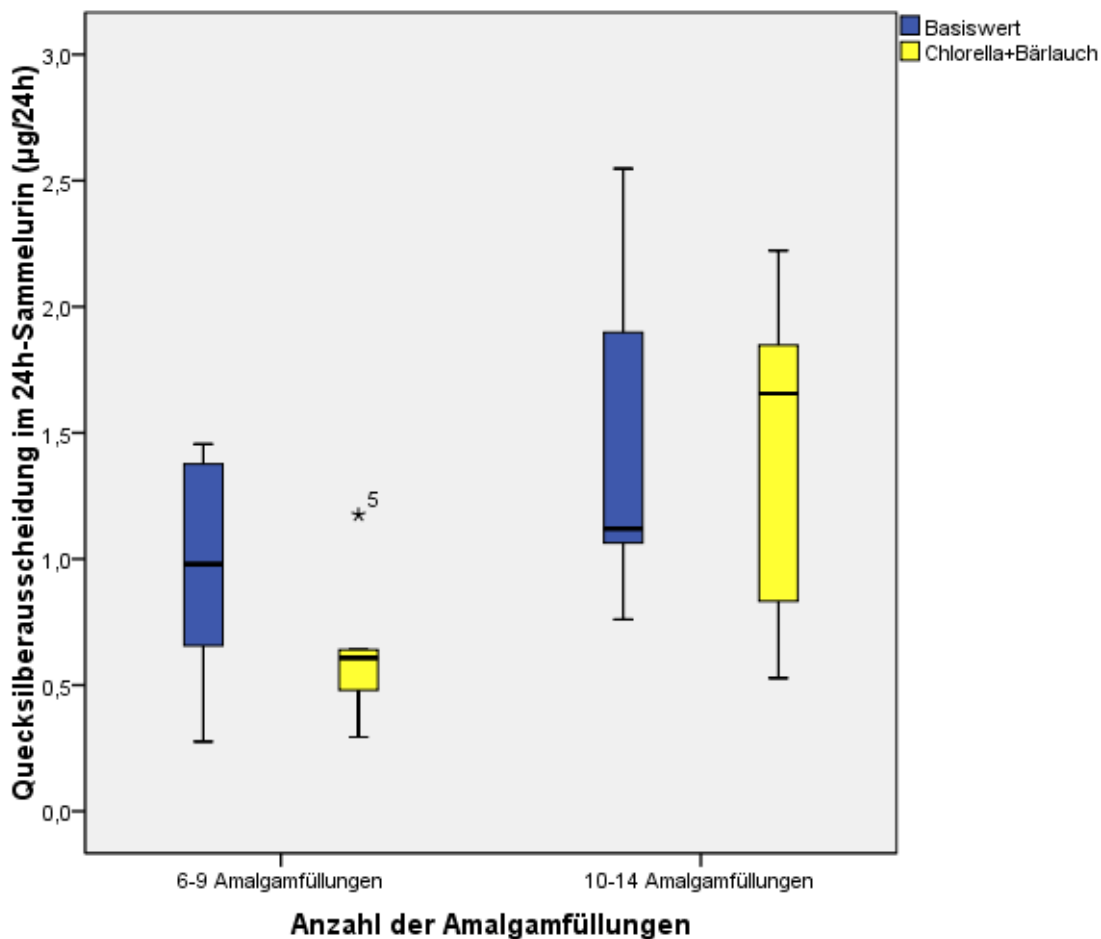


Abbildung 11: Quecksilberausscheidung in Amalgamgruppe 1 und Amalgamgruppe 2 nach der Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa* und Bärlauch

Es zeigte sich, dass es in Amalgamgruppe 1 nach Einnahme der Präparatekombination zu einem geringen Absinken des Median (0,61 µg/24h) der Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin kam. Einzig Teilnehmer 5 fiel mit einem Wert von 1,18 µg/24h als Ausreißer der Amalgamgruppe 1 nach Einnahme der Präparatekombination auf. Bei Amalgamgruppe 2 verhielt es sich wie bei den bisher betrachteten Auswertungen. Nach Einnahme der Präparate

kam es zu einem Anstieg des Medians (von 1,12 µg/24h auf 1,81 µg/24h) im 24-Stunden-Sammelurin.

### 5.3.6 Quecksilberausscheidung nach Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa*, Bärlauch und Koriander

Im folgenden Boxplot wird abschließend die Abweichung des Medians nach Einnahme der Präparatekombination *Chlorella* + Bärlauch + Koriander dargestellt. Auch hier wurde in Amalgamgruppe 1 und 2 unterteilt.

Abbildung 12 zeigt die Veränderung des Medians der Quecksilbermenge nach Einnahme der Präparatekombination im Vergleich zum Basiswert.

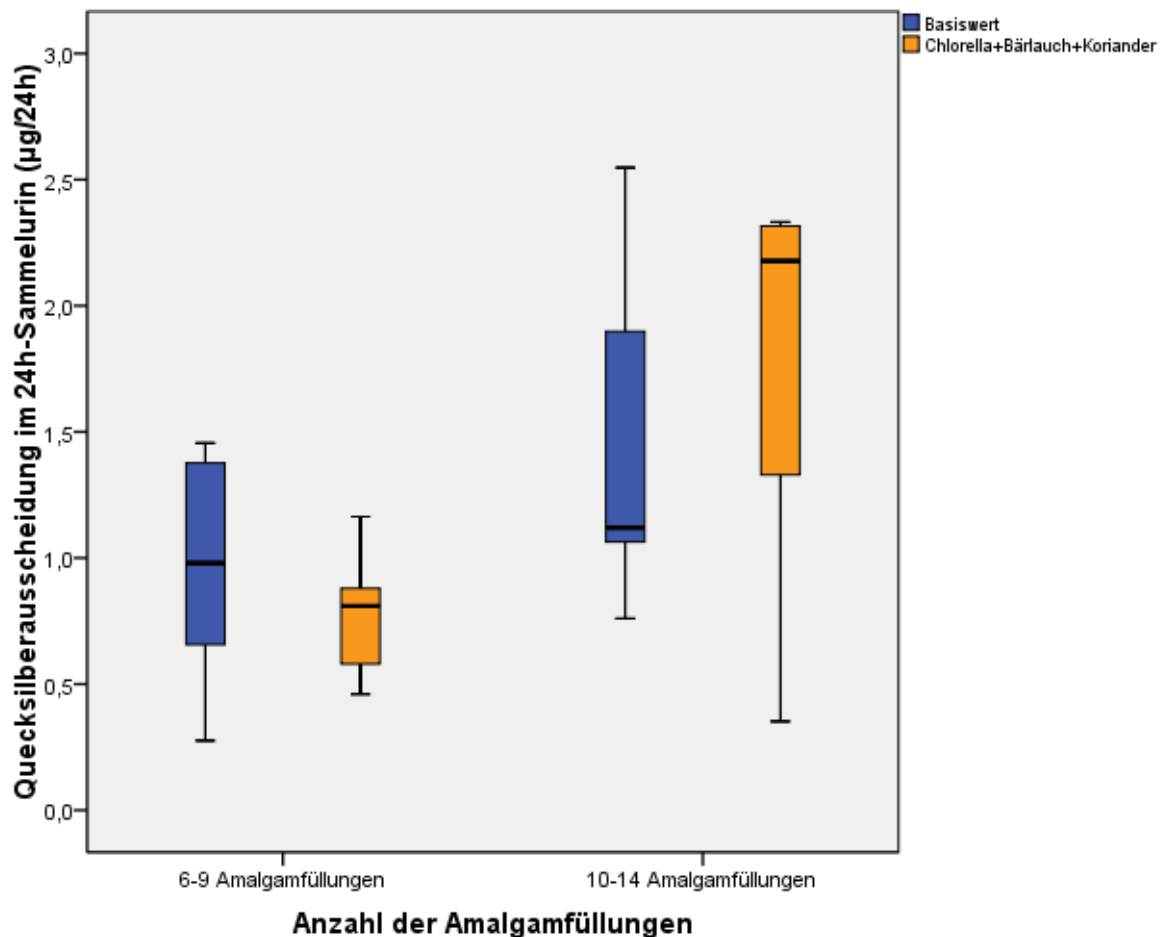


Abbildung 12: Quecksilberausscheidung der Amalgamgruppe 1 und Amalgamgruppe 2 nach Einnahme von *Chlorella pyrenoidosa*, Bärlauch und Koriander

Es zeigte sich wiederholt, dass der Median der Amalgamgruppe 1 nach Einnahme der 3 Präparate sank (von 0,98 µg/24h auf 0,81 µg/24h). Amalgamgruppe 2 hingegen konnte einen Anstieg des Median auf 2,18 µg/24h nach Einnahme der Präparatekombination verzeichnen.

## 5.4 Medianvergleiche der Präparate untereinander

Der Zusammenhang zwischen einem verabreichten Präparat bzw. einer eingenommenen Präparatekombination und der Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin war von zentralem Interesse. Ziel war es, die Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin zu vergleichen und Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Präparate zu ziehen. Hierzu wurden alle eingenommenen Präparate untereinander und mit dem Basiswert verglichen.

Anhand von Medianvergleichen bei verbundenen Stichproben wurde die Quecksilberausscheidung von jeweils zwei Gruppen vergleichend untersucht. In Tabelle 7 sind alle möglichen Einnahmevarianten dargestellt, wobei die Präparate und die Präparatekombinationen zuerst mit dem Basiswert und später mit den restlichen Präparaten und Präparatekombinationen verglichen wurden. Im unteren Abschnitt der Tabelle sind die Signifikanzen dargestellt.

Tabelle 7: Wilcoxon-Test verbundener Stichproben bezüglich der Quecksilberausscheidung (µg/24h) der Präparate und des Basiswertes bei gepaarten Stichproben

	<b>1vs. 2</b>	<b>1vs. 3</b>	<b>1vs. 4</b>	<b>1vs. 5</b>	<b>2vs. 3</b>	<b>2vs. 4</b>	<b>2vs. 5</b>	<b>3vs. 4</b>	<b>3vs. 5</b>	<b>4vs.5</b>
Median- vergleiche	1,09/ 0,97	1,09/ 1,36	1,09/ 0,74	1,09/ 1,02	0,97/ 1,36	0,97/ 0,74	0,97/ 1,02	1,36/ 0,74	1,36/ 1,02	0,74/ 1,02
Signifikanz	0,65	0,24	0,20	0,96	0,56	0,06	0,88	0,06	0,65	0,06
<b>1=Basiswert</b> <b>2=Chlorella</b> <b>3=Bärlauch</b> <b>4=Chlorella+Bärlauch</b> <b>5=Chlorella + Bärlauch + Koriander</b>										

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich, konnte nach der Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel keine signifikante Steigerung der ausgeschiedenen Quecksilbermenge verzeichnet werden. Bezogen auf den Basiswert kam es lediglich nach der Einnahme von Bärlauch zu einem gesteigerten

gerten Medianwert. Die Quecksilbermenge nach der Einnahme von Chlorella, Chlorella + Bärlauch sowie Chlorella + Bärlauch + Koriander sanken sogar unter den Median des Basiswertes. Folglich konnte, bezogen auf den Basiswert, nur für Bärlauch eine gesteigerte, jedoch nicht signifikante Quecksilbermenge gemessen werden.

Es zeigte sich, dass Bärlauch jedem anderen Präparat bzw. Präparatekombination bezüglich der ausgeschiedenen Quecksilbermenge überlegen war. Nach der Bärlaucheinnahme wurde im Median mehr Quecksilber ausgeschieden als bei jedem anderen Präparat. Auch gegenüber dem Basiswert konnte Bärlauch zu einer gesteigerten Quecksilberausscheidung führen.

Stellt man die Wirksamkeit der Präparate in einer Reihenfolge zusammen, so zeigte sich Bärlauch am wirksamsten, gefolgt von Chlorella + Bärlauch + Koriander. Darauf folgt Chlorella einzeln eingenommen. Chlorella + Bärlauch zeigte sich den anderen Präparaten durchgehend als unterlegen. Im Median wurde nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch stets weniger Quecksilber ausgeschieden als nach der Einnahme der restlichen Präparate bzw. Präparatekombinationen.

## **5.5 Vergleiche der Spannweiten, Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen**

Die Spannweite berechnet sich als Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Messwert. Je geringer der Wert, desto einheitlicher und deutlicher sind die Messerwerte. Der Basiswert zeigte eine relativ große Spannweite, d.h. die Quecksilberausscheidung vor Untersuchungsbeginn variierte stark. Die niedrigste Spannweite konnte nach der Einnahme von Bärlauch und Chlorella + Bärlauch nachgewiesen werden. Die Quecksilberausscheidung im 24-Stunden Sammelurin näherte sich hier einander an.

Weiterführend wurde Ausscheidungsminimum und -maximum an Quecksilber betrachtet. Der geringste Wert wurde nach der Einnahme von Chlorella ( $0,23 \mu\text{g}/24\text{h}$ ) gemessen. Dieser Wert lag noch unter dem des Basiswertes ( $0,28 \mu\text{g}/24\text{h}$ ). Die höchste Quecksilberausscheidung konnte im Basiswert nachgewiesen werden. Kein Präparat führte erneut zu solch einer Ausscheidungsmenge. Dies sind jedoch nur Einzelbetrachtungen, welche an einzelne Personen gebunden sind.

Betrachtet man den Mittelwert, so bestätigen sich die vorhergehenden Untersuchungsergebnisse. Im Mittelwert führte die Einnahme von Chlorella + Bärlauch zu einem Absinken des Mittelwertes. Es wurde weniger Quecksilber ausgeschieden, als im Basiswert, was zu einer erhöhten internen Quecksilberkonzentration führt.

Nach Einnahme der restlichen Präparate konnte im Mittelwert durchgehend eine gesteigerte Quecksilberausscheidung nachgewiesen werden, wenn diese auch sehr gering und nicht signifikant war. Hervorzuheben ist auch hier der deutliche Anstieg der Quecksilbermenge im 24-Stunden Sammelurin nach Einnahme von Bärlauch.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Quecksilberausscheidung im 24-Stunden Sammelurin ( $\mu\text{g}/24\text{h}$ )

Quecksilberausscheidung im 24-Stunden Sammelurin ( $\mu\text{g}/24\text{h}$ )	Spannweite	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard Abweichung	Varianz
Basiswert	2,27	,28	2,55	1,2134	,65112	,424
Chlorella	2,15	,23	2,38	1,2386	,73254	,537
Bärlauch	1,94	,39	2,33	1,3377	,59402	,353
Chlorella+Bärlauch	1,93	,29	2,22	1,0284	,66400	,441
Chlorella+Bärlauch +Koriander	1,98	,35	2,33	1,2402	,77395	,599

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Werte einer Zufallsvariablen um ihren Mittelwert. Eine geringe Standardabweichung bzw. eine geringe Varianz deuten auf einheitliche Ergebnisse hin. Desto geringer die Standardabweichung bzw. die Varianz, desto eher sind die Veränderungen in der ausgeschiedenen Quecksilbermenge durch die Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel bedingt. Auch hier kann sich der Untersuchungsabschnitt mit Bärlauch hervorheben. Mit der geringsten Standardabweichung bzw. Varianz scheidet Bärlauch insgesamt am meisten Quecksilber aus.

## 5.6 Urinmenge nach der Einnahme von Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander

Neben der Änderung der Quecksilbermenge im Urin war die Veränderung der Urinmenge nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel Chlorella pyrenoidosa, Bärlauch und Koriander von Interesse. Abbildung 13 stellt die Differenz der gemessenen Urinmengen nach Präpa-

rateeinnahme zum Basisurin dar. Die angegebenen Urinmengen beschreiben den durchschnittlichen Anstieg der Urinmenge in ml pro Person.

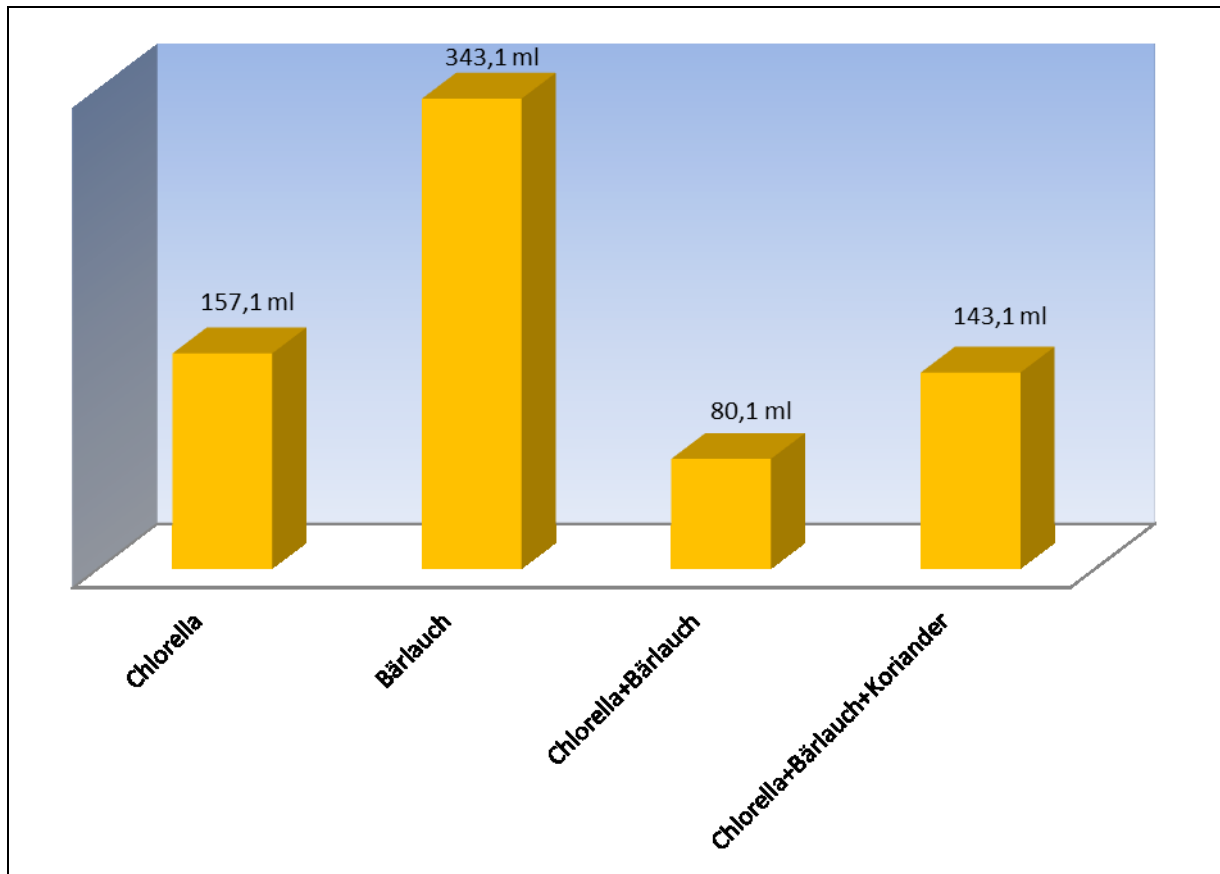


Abbildung 13: Differenz der Urinmenge zum Basisurin nach Präparateeinnahme

Es zeigte sich, dass es nach der Einnahme zu einer konstant erhöhten Urinausscheidung in Millilitern kam. Am deutlichsten war dieses Ergebnis nach der Einnahme von Bärlauch. Dass Bärlauch diuretische Wirkung hat, ist aus der Literatur bekannt. Hier wurden durchschnittlich 343,1ml mehr Urin pro Tag ausgeschieden als im Basisurin. Das entspricht einer gesteigerten Urinausscheidung von fast 23% zum Basisurin. Auch nach der Einnahme von Chlorella kam es zu einer um 157,1ml erhöhten Urinmenge als im Basisurin. Auffällig ist, dass nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch in Kombination die Urinmenge um lediglich 80,1ml stieg. Die beiden Präparate in Kombination scheinen einander in ihrer diuretischen Wirkung zu hemmen. Auch die Kombination Chlorella + Bärlauch + Koriander erreicht mit einer erhöhten Urinmenge von 143,1ml nicht die diuretische Wirkung der Einzelpräparate.

## 5.7 Beeinflussung der Quecksilberkonzentrationen in µg/l

In der folgenden Tabelle 9 ist der Basiswert für die einzelnen Probanden der beiden Amalgamgruppen in µg/l abgebildet. Die Quecksilberkonzentrationen im Urin wurden für alle Probanden nach der jeweiligen Präparateeinnahme bestimmt und die Abweichungen vom Basiswert für jedes eingenommene Präparat bzw. jede Präparatekombination für jeden Probanden berechnet.

Tabelle 9: Basiswerte der Probanden und die individuelle Abweichung von diesem nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel in µg/l

	Amalgamgruppe 1					Amalgamgruppe 2					Mittelwert
<b>Basiswert in µg/l</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>
Chlorella in µg/l	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	1,1	1,0	1,0	1,1	0,72
Abweichung	0,1	-0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,3	-0,3	0,3	<b>-0,08</b>
Bärlauch in µg/l	0,7	0,3	1,0	0,4	0,5	0,5	0,7	1,1	0,9	1,2	0,73
Abweichung	0,2	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,2	-0,2	0,2	<b>-0,07</b>
Chlorella + Bärlauch in µg/l	0,5	0,4	0,5	0,2	0,3	0,6	0,7	1,1	1,1	0,9	0,63
Abweichung	0,4	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	-0,4	0,5	<b>-0,17</b>
Chlorella + Bärlauch + Koriander in µg/l	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,7	1,2	1,1	1,1	0,7
Abweichung	0,3	0,0	0,2	-0,1	0,0	0,3	0,3	0,1	-0,4	0,3	<b>-0,1</b>

Nach der Einnahme von Chlorella pyrenoidosa war eine Abweichung von 0,1µg/l bis 0,3 µg/l zu erkennen. Es wurde in Amalgamgruppe 1 bis zu 0,3 µg/l mehr Quecksilber ausgeschieden bzw. in Amalgamgruppe 2 bis zu 0,3 µg/l weniger Quecksilber ausgeschieden. Die Veränderung der Quecksilberkonzentration nach Einnahme von Chlorella pyrenoidosa war folglich gering. Amalgamgruppe 1 bewegte sich bis zu 0,2 µg/l über und bis zu 0,2 µg/l unter dem Basiswert. Die Abweichung hier war ebenfalls gering. In Amalgamgruppe 2 kam es nach der Einnahme des Bärlauchpräparates zu einer Abweichung der Quecksilberkonzentration im Urin von bis zu 0,3 µg/l. Diese Steigerung der Quecksilberkonzentration ist jedoch fraglich in ihrer Reproduzierbarkeit, da ein anderer Proband aus der Amalgamgruppe 2 eine um 0,2 µg/l verringerte Quecksilberausscheidung zum Basisurin zeigte.

Nach der Einnahme der Präparatekombination Chlorella + Bärlauch kam es in Amalgamgruppe 1 zu einer geringfügig gesteigerten Quecksilberkonzentration im Sammelurin. Die gemessenen Werte stiegen um bis zu 0,4 µg/l. Weniger einheitlich verhielt es sich in Amalgamgruppe 2. Die Quecksilberkonzentration schwankte um -0,4 µg/l bis 0,5 µg/l. Der Abstand der gemessenen Werte lag bei 0,8 µg/l und ist nicht eindeutig zu interpretieren.

Auch nach der Einnahme der Präparatekombination Chlorella + Bärlauch + Koriander konnte keine deutliche Steigerung der Quecksilberkonzentration gemessen werden. Die gemessenen Werte lagen bis zu 0,1 µg/l unter dem Basiswert bzw. 0,3 µg/l über dem Basiswert. Ebenso verhielt es sich in Amalgamgruppe 2. Hier konnte zwar ein Trend zu einer vermehrten Quecksilberausscheidung (bis zu 0,3 µg/l) verzeichnet werden, jedoch gab es auch Probanden mit einer um 0,4 µg/l verminderten Quecksilberausscheidung.

Eine deutliche Abweichung nach der Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel konnte nicht festgestellt werden. Keines der Präparate sticht durch einen einheitlichen Trend hervor. Die gemessenen Werte schwankten in allen Untersuchungsabschnitten und bei beiden Probandengruppen eng um den Basiswert.

Nachfolgend wurden die Messdaten aus Tabelle 9 in Abbildung 14 grafisch dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Masse der Messwerte über dem Basiswert lagen. Auch wenn die Messwerte nur geringfügig höher waren als der Basiswert, konnte der Trend zu einer vermehrten Quecksilberkonzentration beobachtet werden. Amalgamgruppe 2 reagiert mit einer größeren Abweichung der Messwerte vom Basiswert, was auf eine bessere Wirksamkeit der Präparate bei einer Amalgamfüllungszahl ab zehn schließen lässt.

Vergleicht man die Präparate untereinander, so konnte verglichen mit dem Basiswert, nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch die größte Änderung der Quecksilberkonzentration erzielt werden. Einzig ein Patient reagierte hier mit einem Konzentrationsabfall, wobei einzig dieser Patient durch den ganzen Untersuchungszeitraum hinweg weniger Quecksilber ausschied als im Basisurin. Wie repräsentativ dieser Einzelwert ist, ist fraglich.



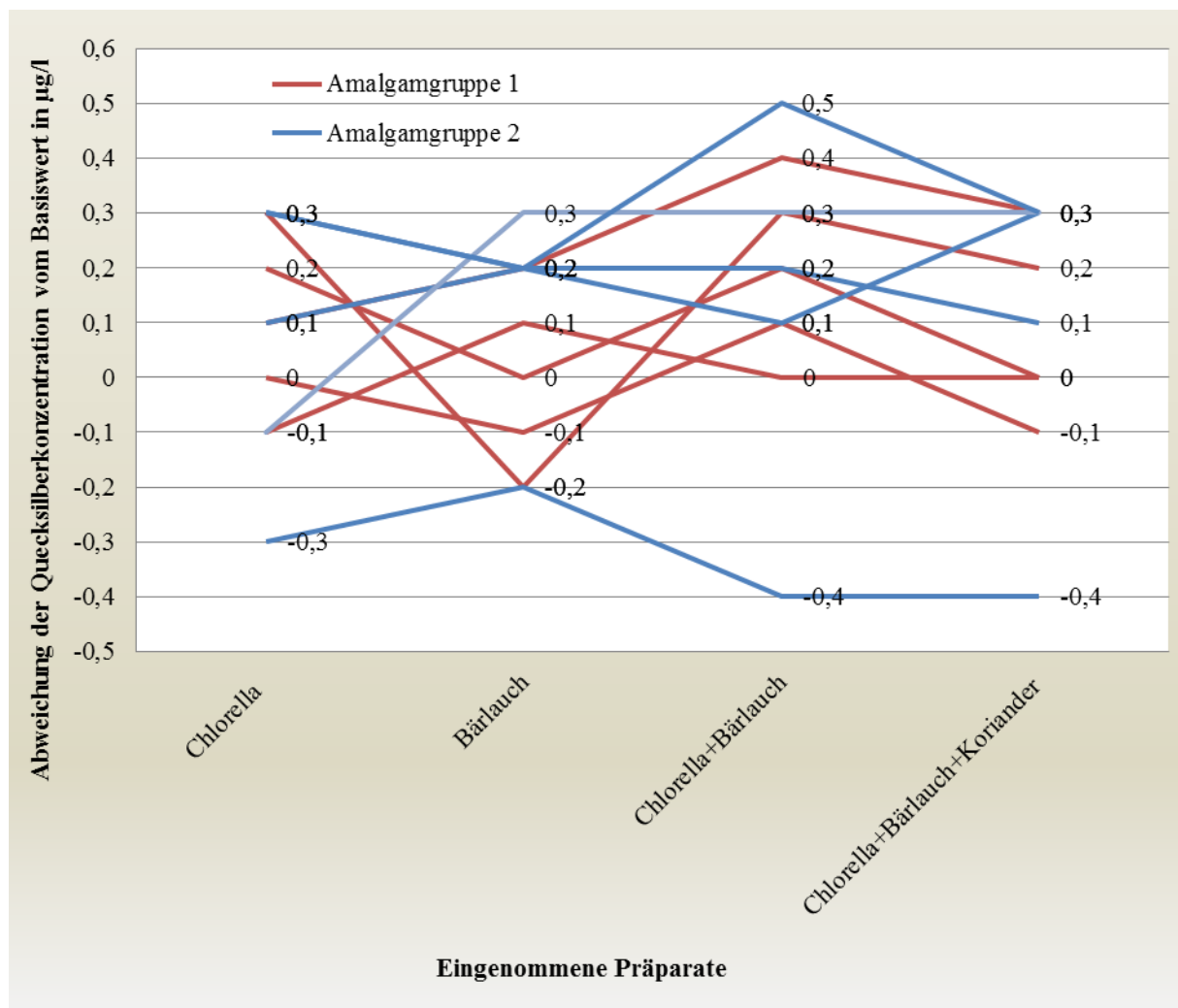


Abbildung 14: Abweichung der Quecksilberkonzentration vom Basiswert nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel in µg/l

## 6 Diskussion

### 6.1 Quecksilberausscheidung im Urin

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel *Chlorella pyrenoidosa*, Bärlauch und Koriander auf die Quecksilbermenge im Urin zu untersuchen. Die erwartete Wirkung begründet sich in der Bindung des Schwermetalls durch die Nahrungsergänzungsmittel, wodurch es zu einer erhöhten Quecksilberausscheidung über den Urin kommt. Ein Anstieg der Quecksilbermenge im Urin nach der Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel wurde erwartet. Die bisherige Literatur belegte die Wirkung von Chelatbildnern, wie DMPS und DMSA in Zusammenhang mit der Quecksilberausleitung (vgl. *Kapitel 2.6.5*). Die eingesetzten Nahrungsergänzungsmittel - haben wie in *Kapitel 2.6 und 4.2* beschrieben - nicht nur ausleitenden Charakter, sie unterstützen auch die Darmaktivität und das Immunsystem.

Der Versuchsaufbau hat jedes Präparat einzeln und in Kombination miteinander auf seine Wirksamkeit untersucht. *Chlorella pyrenoidosa* und Bärlauch wurden einzeln und in Kombination eingenommen. Koriander wurde aufgrund der Verzehrempfehlung nicht einzeln, sondern nur in Kombination mit *Chlorella pyrenoidosa* und Bärlauch eingenommen. Die Quecksilberausscheidung wurde auf signifikante Änderungen im 24-Stunden-Sammelurin analysiert.

Das Umweltbundesamt gibt als Referenzwert für die interne Quecksilberbelastung den HBM-I- und HBM-II-Wert an (vgl. Tabelle 10). Die Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte gelten als Prüf- oder Basiswerte (*Umweltbundesamt 1999*). Liegen die gemessenen Werte im Bereich des HBM-I-Wertes, so ist die nachgewiesene Quecksilberkonzentration nach derzeitiger Bewertung unbedenklich und es besteht kein Handlungsbedarf.

Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes im Körper, bei dem eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Eine Kontrolle der gemessenen Werte, die Suche nach der ursächlichen Belastungsquelle und die Verminderung der Belastung sind das Ziel.

Werte oberhalb des HBM-II-Wertes lassen mögliche gesundheitliche Beeinträchtigung erwarten, welche akuten Handlungsbedarf und eine umweltmedizinische Betreuung fordern.

Tabelle 10: Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte

Analytik und Probenmaterial	Personengruppen	HBM-I-Wert	HBM-II-Wert
Quecksilber im Morgenurin	Kinder und Erwachsene	5 µg/g Kreatinin oder 7 µg/l	20 µg/g Kreatinin oder 25 µg/l
Quecksilber im Vollblut	Kinder und Erwachsene	5 µg/l	15 µg/l

*Quelle: Umweltbundesamt (1999)*

Die Ergebnisse zeigten wie erwartet, unabhängig vom eingenommenen Präparat eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilbermenge im 24-Stunden-Sammelurin (*vgl. Kapitel 5.1*). Die Anzahl der Amalgamfüllungen korrelierte positiv mit der Quecksilbermenge im Urin, aber nicht mit quecksilberassoziierten Beschwerden und steht in keinem signifikanten Zusammenhang. (*Schiele et al. 1998, Melchart et al. 2008, Erler et al. 2009*). Ursächlich für die erhöhte Quecksilberausscheidung bei Amalgamträgern ist das Einatmen von entstandenem Quecksilberdampf und minimales, regelmäßiges Verschlucken von Mikrobestandteilen der Füllungen. Es bestand im Basiswert, wie auch nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und der Quecksilbermenge im Urin (*vgl. Kapitel 5.1*).

## 6.2 Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel

Die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel hängen von verschiedenen Faktoren ab. In der vorliegenden Studie wurden der Einfluss des Geschlechtes, der Amalgamfüllungszahl und der ausgeschiedenen Urinmenge untersucht.

Bei der Betrachtung, welchen Einfluss das Geschlecht auf die ausleitende Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel hat fiel auf, dass die weiblichen Probanden nach Präparateinnahme mehr Quecksilber ausschieden als im Basisurin (*vgl. Kapitel 5.3.2, Abbildung 8*).

Bei den männlichen Teilnehmern verhielt es sich gegenläufig. Nach der Einnahme der Präparate kam es - verglichen mit dem Basiswert - zu keinem erkennbaren Anstieg der Quecksilbermenge. Vielmehr verblieb die ausgeschiedene Quecksilbermenge im Bereich des Basiswertes.

Dass der männliche und der weibliche Stoffwechsel sich in vielen Punkten unterscheiden, ist Gegenstand aktueller Forschungen. Welche physiologischen Unterschiede eine Rolle spielen, ist noch nicht definitiv geklärt. Ein höherer Fettanteil im Gewebe und hormonelle Unterschiede bei Frauen sind jedoch unbestritten und können auch die Funktion von Nahrungsergänzungsmitteln beeinflussen. Welcher dieser Aspekte bei der Ausleitung des Quecksilbers mit Chlorella, Bärlauch und Koriander beeinflussbar ist, lässt sich nicht abschließend klären.

Das Geschlecht der Probanden kann also eine Ursache für das unterschiedliche Ausscheidungsverhalten nach Präparateinnahme sein. Jedoch lassen die geringe Anzahl der weiblichen Teilnehmer und der höhere Quecksilberbasiswert, bedingt durch die höhere Amalgamfüllungszahl, nur Vermutungen zu. Es ist anzunehmen, dass die Ergebnisse durch die höhere Amalgamfüllungszahl bei den Teilnehmerinnen bedingt waren.

Wie in Abbildung 7 zu erkennen, ist die Veränderung der Quecksilbermenge im Urin auch von der Anzahl der Amalgamfüllungen abhängig. Nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel kam es bei den Probanden mit 10 Amalgamfüllungen zu einem Anstieg der Quecksilbermenge im Urin. Die Vermutung, dass die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel mit steigender Zahl der Amalgamfüllungen steigt, konnte aber nicht belegt werden. Das Maximum der ausgeschiedenen Quecksilbermenge im Urin konnte bei 10 Amalgamfüllungen gemessen werden. Die Quecksilbermenge sank bei einer Amalgamfüllungszahl von 12, 13 und 14 sogar unter den Basiswert. Ebenso niedrige Ausscheidungsmengen konnten bei einer Amalgamfüllungszahl von 6 – 9 gemessen werden. Es ist zu vermuten, dass die Wirkung der Präparate mit der internen Quecksilberkonzentration verbunden ist. Warum die Quecksilbermenge bei einer Amalgamfüllungszahl über 10 nach Präparatgabe unter die Quecksilbermenge des Basiswertes sank, ist unklar.

In der Betrachtung der Einzelverläufe nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel fällt auf, dass keines der Präparate zu einer deutlichen Veränderung der Quecksilberkonzentration im Urin führen konnte. Amalgamgruppe 1 scheidet nach der Einnahme der Nahrungsergän-

zungsmittel, wie zu erwarten war tendenziell weniger Quecksilber aus, als Amalgamgruppe 2, was mit einer niedrigeren Quecksilbermenge im Basiswert und einer geringeren Quecksilbergrundbelastung begründet werden kann. Anscheinend willkürlich steigende und fallende Quecksilbermengen im Urin lassen eine ausleitende Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel unwahrscheinlich erscheinen (*vgl. Kapitel 5.2*).

Beispielhaft hierfür ist, dass nach Präparateeinnahme Amalgamgruppe 1 nicht nur weniger Quecksilber ausschied als Amalgamgruppe 2, es kam zu einem Absinken der Quecksilbermenge unter den Basiswert. Nach Einnahme von Chlorella + Bärlauch kam es beispielsweise zu einem Absinken des Median von  $0,98\mu/24h$  im Basiswert auf  $0,61\mu/24h$ . Auch hier konnte einzig Bärlauch zu einer leicht gesteigerten Quecksilbermenge im Urin führen.

In Amalgamgruppe 2 stellte es sich umgekehrt dar. Nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel kam es durchweg zu einer gesteigerten Quecksilbermenge im Urin. Der Basiswert von  $1,17\mu/24h$  konnte auf bis zu  $2,18\mu/24h$  nach der Einnahme von Chlorella + Bärlauch + Koriander gesteigert werden. Es zeigte sich, dass die Nahrungsergänzungsmittel bei einer Amalgamfüllungszahl von 10 – 14 zu einer gesteigerten Quecksilberausscheidung führten. Der höhere Quecksilberbasiswert könnte eine Ursache dafür sein. Die gesteigerte Quecksilberausscheidung im Urin lässt einen, wenn auch geringen Effekt der Bindung und Ausleitung von Quecksilber vermuten.

Wie zuvor erwähnt, wurde weiterführend die Veränderung der Urinmenge nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel betrachtet. Es kam nach Einnahme der Präparate durchweg zu einem Anstieg der Urinmenge. Der stärkste Anstieg der Quecksilbermenge war nach der Einnahme von Bärlauch zu erkennen. Bärlauch wird eine diuretische Wirkung nachgesagt, welche sich nach der Einnahme bestätigte. Auffällig ist das Absinken der ausgeschiedenen Urinmenge nach der gemeinsamen Einnahme von Chlorella + Bärlauch unter die Einzelausscheidungen von Chlorella bzw. Bärlauch. Chlorella scheint die stark diuretische Wirkung von Bärlauch zu hemmen.

Betrachtet man die ausgeschiedenen Quecksilbermengen im 24-Stunden Sammelurin, so zeigt sich ein ähnliches Bild. Bärlauch einzeln eingenommen konnte zu einer Steigerung der Quecksilbermenge im Urin führen. Chlorella + Bärlauch in Kombination konnten die Werte

der einzeln eingenommenen Präparate nicht erreichen. Es kam zu einer verringerten Quecksilberausscheidung. Betrachtet man die Urinmenge, so liegt nahe, dass Bärlauch die Werte aufgrund der Diurese erreichen konnte. Bei einer Erhöhung der Urinmenge um 343,1ml/24h bei Bärlauchgabe je Person kann tendenziell mehr Quecksilber ausgeschwemmt werden als bei einer Erhöhung von 80,1ml/24h je Person bei Chlorella + Bärlauch.

Eine Steigerung der Quecksilberausscheidung nach Einnahme des Bärlauchpräparates ist unbestritten. Auch die geringe Wirkung von Chlorella + Bärlauch ist erkennbar. Die ausgeschiedenen Urinmengen unterscheiden sich. Es galt zu überprüfen, ob die ausgeschiedenen Quecksilbermengen nach Bärlauchgabe durch die starke Diurese bedingt sind, oder ob Bärlauch tatsächlich zu einer Quecksilberbindung und Ausleitung führen kann. Wie in Kapitel 5.7 dargestellt, wurde hierzu die Quecksilberkonzentration ( $\mu\text{g/l}$ ) berechnet. Die Quecksilberkonzentrationen im Basiswert lagen zwischen 0,3  $\mu\text{g/l}$  und 1,4  $\mu\text{g/l}$ . Im Mittelwert waren es 0,8  $\mu\text{g/l}$ . Bezogen auf den Basiswert konnte keines der Präparate zu einem Anstieg der Quecksilberkonzentration führen. Es wurden zwischen 0,17  $\mu\text{g/l}$  nach Chlorella + Bärlauch und 0,07  $\mu\text{g/l}$  nach Bärlauch weniger Quecksilber ausgeschieden als im Basiswert. Der zuvor angedeutete Trend Richtung Bärlauch bleibt folglich bestehen, jedoch kann auch Bärlauch nicht zu einer gesteigerten Quecksilberkonzentration führen. Es wurde nach Bärlauchaufnahme mehr Quecksilber ausgeschieden als im Basiswert, bezogen auf die Konzentration konnte Bärlauch jedoch keine Wirksamkeit zeigen. Die erhöhte Quecksilberausscheidung ist auf die erhöhte Diurese zurückzuführen.

Unter den verwendeten Nahrungsergänzungsmitteln konnte sich immer wieder Bärlauch hervorheben. Einzeln eingenommen war es das einziges Präparat, welches in der Lage war im Median mehr Quecksilber auszuscheiden als der Basiswert (*vgl. Kapitel 5.3.1, Tabelle 6*). Alle anderen Präparate bzw. Präparatekombinationen haben zu einem Absinken der Quecksilbermenge im Urin geführt. Im Median schneidet Chlorella + Bärlauch am schlechtesten ab. Es kam zu einem Absinken der Quecksilbermenge im Urin von 1,09  $\mu\text{g}/24\text{h}$  auf 0,735  $\mu\text{g}/24\text{h}$ .

Dies bedeutet, dass genannte Präparate und Präparatekombinationen keine ausleitende Wirkung haben und ein gesundheitsschädlicher Einfluss durch eine Mehrbelastung des Körpers nicht auszuschließen ist.

### **6.3 Einnahmeempfehlung zur Quecksilberausleitung ?**

Es wurde nach Präparateinnahme nicht signifikant mehr Quecksilber ausgeschieden als im Basisurin. Die Quecksilbermengen im ausgeschiedenen Urin schwankten um die des Basiswertes. Einzig Bärlauch konnte sich abheben. Es wurde mehr Quecksilber ausgeschieden als im Basiswert, jedoch war dieser Steigerung nicht signifikant. Aufgrund der stark diuretischen Wirkung von Bärlauch, wurde nach der Einnahme tendenziell mehr Urin ausgeschieden als im Basiswert vor der Präparateinnahme. Bedingt durch die erhöhte Urinmenge konnte eine zum Basiswert erhöhte Quecksilbermenge im Urin gemessen werden. Bezogen auf die Quecksilberausscheidung pro Liter zeigte sich jedoch, dass eine Quecksilberkonzentration ähnlich der des Basiswertes gemessen wurde. Bärlauch einzeln eingenommen konnte in seiner Wirksamkeit somit nicht überzeugen. Ein negativer Effekt der Bärlaucheinnahme ist jedoch nicht zu erwarten.

Anders verhielt es sich nach Einnahme von Chlorella + Bärlauch. Die ausgeschiedene Quecksilbermenge, wie auch die Quecksilberkonzentration lagen unter dem Basiswert. Dies ist unter anderem mit der geringeren Urinmenge zu begründen. Bezogen auf die Ausscheidung pro Liter zeigte sich, wie auch zuvor in der Analyse der Ausscheidung pro 24-Stunden Sammelurin, dass Chlorella + Bärlauch zu einer verringerten Quecksilberausscheidung führte. Zur Ausleitung von Quecksilber aus dem Körper kann die Kombination Chlorella + Bärlauch nicht empfohlen werden.

Ähnlich verhält es sich mit dem Nahrungsergänzungsmittel Chlorella und der Präparatekombination Chlorella + Bärlauch + Koriander. Die ausgeschiedenen Quecksilbermengen konnten keine Steigerung zum Basiswert erzielen. Teilweise lagen die Messwerte unter dem Basiswert. Die Nahrungsergänzungsmittel konnten nicht zu einer verstärkten Quecksilberausleitung führen und können zur Ausleitung nicht empfohlen werden.

Bezogen auf die Anzahl der Amalgamfüllungen stellte sich heraus, dass die Probanden mit 6-9 Amalgamfüllungen zum Basiswert weniger Quecksilber ausschieden, als die Probanden mit 10-14 Amalgamfüllungen. Auch nach Einnahme der Nahrungsergänzungsmittel reagierten die Probanden mit 10-14 Amalgamfüllungen stärker als die Probanden mit weniger Amalgamfüllungen. Der bindende und ausleitende Effekt scheint sich bei höherer Füllungsanzahl zu verstär-

ken. Eine Einnahmeempfehlung kann für die Teilnehmer mit 6-9 Amalgamfüllungen nicht gegeben werden. Auch die Probanden mit 10-14 Amalgamfüllungen schieden nicht signifikant mehr Quecksilber aus als im Basiswert. Eine ausleitende Wirkung ist auch hier nur bedingt wahrscheinlich.

Die statistische Datenlage unterstützt diese Vermutung durch fehlende signifikante Ergebnisse nach der Einnahme der Präparate zum Basiswert.

Aus den gewonnenen Ergebnissen lässt sich keine Einnahmeempfehlung ableiten.



## 7 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigten, dass - bezogen auf den Basiswert - keines der Nahrungsergänzungsmittel einzeln oder in Kombination eingenommen, eine signifikante Änderung der Quecksilbermenge im Urin herbeiführen konnte. Kein Produkt konnte eine deutlich erhöhte Quecksilberausscheidung fördern. Die Quecksilbermengen lagen im Bereich des Basiswertes. Das bedeutet, dass nur geringfügig mehr bzw. weniger Quecksilber ausgeschieden wurde als unter Normalbedingungen.

Bezogen auf den Basiswert konnte nach der Einnahme von Bärlauch nur eine geringfügig vermehrte Quecksilberausscheidung verzeichnet werden, welche nicht signifikant war. Bärlauch führte auch zu einer Steigerung der ausgeschiedenen Urinmenge. Es ist zu vermuten, dass die diuretische Wirkung von Bärlauch zu der erhöhten Ausscheidung von Quecksilber führte. Diese Vermutung wird bei der Betrachtung der Quecksilberkonzentration bestätigt. Hier konnte nach Einnahme von Bärlauch keine gesteigerte Quecksilberausscheidung verzeichnet werden. Die vermehrte Quecksilbermenge nach Bärlaucheinnahme kann daher als reiner Diureseeffekt betrachtet werden.

In den übrigen Untersuchungsabschnitten wurde die Quecksilbermenge des Basiswertes mehrfach unterschritten. Inwiefern die Präparate einen negativen Einfluss auf das physische und psychische Wohlbefinden haben könnten, konnte nicht geklärt werden. Keiner der Probanden gab entsprechende Veränderungen während oder nach der Untersuchung an. Die potentiell negativen Wirkungen, wenn auch nur in geringem Maße, können nicht abgeschätzt werden.

Da keines der Präparate zu einer signifikanten Änderung der Quecksilbermenge im Urin beiträgt, sind positive Wirkungen auf amalgamkorrelierte Beschwerden unwahrscheinlich. In ihrer Funktion zum Ausleiten von Quecksilber aus dem Körper können sie daher nicht überzeugen.

## **Literatur:**

Abdalla FH, Bellé LP, De Bon KS, Bitencourt PE, Pigatto AS, Moretto MB. 2010. Allium sativum L. extract prevents methyl mercury-induced cytotoxicity in peripheral blood leukocytes (LS). Food Chem Toxicol, 48(1):417-421.

BfArM Abteilung Medizinprodukte. 2003. Amalgame in der zahnärztlichen Therapie. BfArM Informationsschrift 1: Bonn.

Aggarwal V, Jain A, Kabi D. 2010. Oral lichenoid reaction associated with tin component of amalgam restorations: a case report. Am J Dermatopathol, 32(1):46-48.

Altmann-Brewe J. 1994. Zeitbombe Amalgam. München: Ehrenwirth.

Altmann-Brewe J. 2002. Zeitbombe Amalgam. Bergisch Gladbach: Haug Sachbuch.

Aschner BF. 1986. Lehrbuch der Konstitutionstherapie. Stuttgart: Hippokrates-Verlag.

Autorenkollektiv. 1997. Restaurationsmaterialien in der Zahnheilkunde (Konsenspapier des Bundesministeriums für Gesundheit, Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte, der Bundeszahnärztekammer, Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung, Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung, Stand 1.7.1997). Bonn: Pressestelle des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte.

Baader EW, Holstein E. 1933. Das Quecksilber, seine Gewinnung, technische Verwendung und Giftwirkung. Berlin.

Babisch W, Kovacic S, Krause C, Roulet JF., Thron JL, Hoffmann M. 1992. Mercury concentration in blood and urine--before and after the placement of dental amalgam fillings. Zentralbl Hyg Umweltmed, 193(2):175-187.

Bässler KH. 1988. Sinn und Unsinn der Vitamin-Therapie. Pharm Ztg, (32): 9-10.

Baumeister A. 2007. Hot Doc Therapie - Ein leidenschaftlicher Arzt und sein skeptischer Patient. Das Magazin, 2007(7):26-29.

Bellé LP, De Bona KS, Abdalla FH, Pimentel VC, Pigatto AS., Moretto MB. 2009. Comparative evaluation of adenosine deaminase activity in cerebral cortex and hippocampus of young and adult rats: effect of garlic extract (*Allium sativum* L.) on their susceptibility to heavy metal exposure. Basic Clin Pharmacol Toxicol, 04(5):408-413.

Benov LC, Benchev IC, Monovich OH. 1990. Thiol antidotes effect on lipid peroxidation on mercury-poisoned rats. Chem Biol Interact, (76): 321-332.

Bertram HP, Müller C. 1993. Richtlinie zur Analytik von Spuren- und Bulk-Elementen. Münster.

Björkman L; Lind B. 1992. Factors influencing mercury evaporation rate from dental amalgam fillings. Scand J Dent Res, 100 (6): 354-360.

Buchet JP, Lauwerys RR. 1989. Influence of 2,3 dimercaptopropane-1-sulfonate and dimercaptosuccinic acid on the mobilization of mercury from tissues of rats pretreated with mercuric chloride, phenylmercuric acetate or mercury vapors. *Toxicologie*, 54(3):323-333.

Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz (1999).  
Stoffmonographie Quecksilber-Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-  
Werte.  
Heidelberg: Springer Medizin Verlag 42: 522-532.

Bundeszahnärztekammer, Hrsg. 1997. Stellungnahme zum „Kieler Amalgam-Gutachten“, Köln.

Chaari N, Kerkeni A, Saadeddine S, Neffati F, Khalfallah T, Akrouit M. 2009. Mercury impregnation in dentists and dental assistants in Monastir city, Tunisia. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.*, 110(3):139-144.

Cikrt M. 1978. The influence of unithol and spironolactone on the biliary excretion of <sup>203</sup>Hg. *Arch Toxicol*, 39(3): 219-223.

Daunderer M. 1992. Handbuch der Amalgamvergiftung. Landsberg/Lech: Ecomed.

Daunderer M. 1996. Amalgam-Patienteninformation.

Daunderer M. 1998. Amalgam. Landsberg/Lech: Ecomed.

Diedrichsen A. 1996. Coriander. International Plant Genetic resources Institute: Rom.

El-Shenawi S, Hassan N. 2008. Comparative evaluation of the protective effect of selenium and garlic liver and kidney damage induced by mercury chloride in the rats. *Pharmacological Reports*, (60): 199-208.

Erler M, Schiele R, Löffler A. 2009. Gibt es Zusammenhänge zwischen der Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen und Ergebnissen testpsychologischer Fragebogen-Untersuchungen? *Versicherungsmedizin*, 61(4):163-166.

Eyeson J, House I, Yang YH, Warnakulasuriya KA. 2010. Relationship between mercury levels in blood and urine and complaints of chronic mercury toxicity from amalgam restorations. *Br Dent J.*, 208(4):E7; discussion 162-163.

Fakour H, Esmaili-Sari A, Zayeri F. 2010. Scalp hair and saliva as biomarkers in determination of mercury levels in Iranian women: amalgam as a determinant of exposure. *J Hazard Mater.*, 177(1-3):109-113.

Fournier L, Garnier TR, Buisine A, Houze P, Pradier F, Dally S. 1988. 2, 3-dimercaptosuccinic acid treatment of heavy metal poisoning in humans. *Med Toxicol Adverse Drug Exp*, 3(6): 499-504.

Friedheim E. 1975. Meso-dimercaptosuccinic acid, a chelating agent for the treatment of mercury poisoning. *J Pharm Pharmacol*. 27(8): 624-626.

Fuchs T. 1994. Position of the German Contact Allergy Group of the German Society of Dermatology on amalgam allergy. *Hautarzt*, 45(6):415.

Grifka J. 1995. *Naturheilverfahren. Bewährte Methoden. Anerkannte Therapien.* München: Elsevier.

Günther T, Irmgard L. 1977. Quecksilber– ein Problemelement für den Menschen? *Chemie in unserer Zeit*, 11(5): 150–156.

Halbach S, Welzl G. 2010. Levels of organic and inorganic mercury in human blood predicted from measurements of total mercury. *J Appl Toxicol.*, 30(7): 674.

Hamre HJ. 1997. *Amalgam: Probleme und Lösungen in der Naturheilkundlichen Praxis.* Stuttgart: Hippokrates.

Hauschka R. 1990. *Heilmittellehre.* 5. Aufl., Frankfurt am Main: Klostermann.

Hentschel HD. 1991. *Naturheilverfahren in der ärztlichen Praxis.* Köln: Deutscher Ärzte Verlag.

Hørsted-Bindslev P, Magos L, Holmstrup P, Arenholt-Bindslev D. 1993. *Amalgam-eine Gefahr für die Gesundheit?* Köln: Deutscher Ärzte Verlag.

Hørsted-Bindslev P, Mjør M. 1994. *Moderne Konzepte in der Zahnerhaltung.* Berlin: Quintessenz.

Horn F, Lindemeier G, Moc I, Grillhösl C, Berghold S, Schneider N. 2002. Biochemie des Menschen. Stuttgart: Thieme.

Institut der Deutschen Zahnärzte (Herausgeber). 1988. Amalgam-Pro und Contra. Köln: Deutscher Ärzte Verlag.

Institut der Deutschen Zahnärzte (Herausgeber). 1999. Amalgam im Spiegel kritischer Auseinandersetzungen. Köln: Deutscher Ärzte Verlag.

Institut der Deutschen Zahnärzte (Herausgeber). 2001. Entgegnung der Autoren des Materialienbandes "Amalgam im Spiegel kritischer Auseinandersetzungen". Zur Replik der Autoren des "Kieler Amalgam-Gutachtens". [IDZ-Sonderband] Köln: Selbstverlag.

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes (Herausgeber). 1997. Speicheltest Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen. Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt– Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 40(2):76.

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes (Herausgeber). 1998. Quecksilber – Referenzwerte. Bundesgesundheitsblatt– Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 41(6):270.

Institut für Wasser-, Boden und Lufthygiene des Umweltbundesamtes (Herausgeber). 1999. Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human- Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 42(6):522-532.

Janssen J, Laatz W. 2005. Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows: eine Anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. Fünfte Aufl., Berlin: Springer.

Jendrek M. 2006. Quecksilber- und Quecksilberdampffreisetzung aus amalgamgefüllten Prüfkörpern durch Putzabrasion unter in vitro-Bedingungen [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

Jorgensen KD. 1977. Amalgame in der Zahnheilkunde. München, Wien: Hanser.

Józsa L. 2009. Dental care -dental diseases and dentistry in antiquity. Orvostört Kozl., 55(1-4): 43-57.

Kauppi M. 1995. Safe Amalgam replacement. Heavy Metal Bulletin, 2(26): 16-19.

Kersch D. 1976. Untersuchung über die Inhaltsstoffe von Chlorella aus standardisierten Fermentkulturen [Dissertation]. Erlangen-Nürnberg: Friedrich-Alexander-Universität.

Kingman A, Albertini T, Brown LJ. 1998. Mercury concentrations in urine and whole blood associated with amalgam exposure in a US military population. J Dent Res., 77(3): 461-471.

Köhler W, Manger K, Klöcking HP, Kiefer J. 2008. Vitalprinzip Akademie: Festgabe zur 450-Jahrfeier der Universität Jena, Erfurt: Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt.



Kraft K. 1994. Naturheilverfahren und Homöopathie. Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen. Stuttgart: Thieme.

Krause C, Babisch K, Becker K, Bernigau W, Hoffmann K, Nöllke P, Schulz C, Schwabe R, Seiwert M, Thefeld W. 1996. Umwelt-Survey, Band 1a-Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring, Berlin Umwelt-Survey 1990/92. Band 1a: Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenmelementgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland. WaBoLu-Hefte 1/1996. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin.

Köhler W, Linde K, Halbach S, Zilker T, Kremers L, Saller R, Melchart D. 2007. Prognos in the diagnosis of amalgam hypersensitivity a diagnostic case-control study. Forsch Komplementmed., 14(1):18-24.

Kröncke A. 1988. Zur Frage der Toxikologie von Quecksilber aus Amalgamfüllungen.IDZ: Amalgam- Pro und Contra. Köln: Deutscher Ärzteverlag.

Kunzemann J, Herrmann K. 1977. Isolierung und Identifizierung der Flavon(ol)-O-glykoside in Kümmel (*Carum carvi* L.), Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Anis (*Pimpinella anisum* L.) und Koriander (*Coriandrum sativum* L.) und von Flavon-C-glykosiden im Anis. ZLebensm-Untersuch-Forsch, 164: 194–200.

Leonhardt H. 1986. Grundlagen der Elektroakupunktur nach Voll. Uelzen: Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft.

Liersch R. 1975. Über das Ätherische Öl von Grünalgen: Ein Beitrag zur Taxonomie der Gattung Chlorella. [Dissertation]. Erlangen-Nürnberg: Friedrich-Alexander-Universität.

Link B. 1999. Richtwerte für die Innenraumluft – Quecksilber. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz., (2): 168-173.

Lussi A. 1993. Mercury release from amalgam into saliva. An in-vitro study. Schweiz Monatsschr. Zahnmed., 103(6):722-726.

Mackert JR, Berglund A. 1997. Mercury exposure from dental amalgam fillings: Absorbed dose and the potential for adverse health effects. Crit Rev Oral Biol Med, 8(4): 410-436.

Mastalier O. 1992. Reflextherapie in der Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde. Berlin: Quintessenz.

Matejka R. 2003. Ausleitende Therapieverfahren: Methoden und Praxis. München: Urban und Fischer Verlag/ Elsevier.

McKelvey W, Jeffery N, Clark N, Kass D, Parsons PJ. 2010. Population-Based Inorganic Mercury Biomonitoring and the Identification of Skin Care Products as a Source of Exposure in New York City. Environ Health Perspect., 119(2):203-209.

Melchart D, Köhler W, Linde K, Zilker T, Kremers L, Saller R, Halbach S. 2008. Biomonitoring of mercury in patients with complaints attributed to dental amalgam, healthy amalgam bearers, and amalgam-free subjects: a diagnostic study. Clin Toxicol (Phila), 46(2):133-140.

Melchart D, Vogt S, Köhler W, Streng A, Weidenhammer W, Kremers L, Hickel R, Felgenhauer N, Zilker T, Wühr E, Halbach S. 2008. Treatment of health complaints attributed to amalgam. *J Dent Res.*, 87(4): 349-353.

Müller-Fahlbusch H. 1990. Differentialdiagnose unklarer Beschwerden im stomatognathen System. *Niedersächs Zahnärztebl*, 25(5): 282.

Mutter J. 2008. Amalgam Risiko für die Menschheit: Quecksilbervergiftungen richtig ausleiten. Neue Fakten und Hilfe, auch nach der Amalgamentfernung. Oldenburg: Natura Viva.

Nakamura DS. 1963. Biological Knowledge on Species of *Chlorella* and *Scenedesmus*. Tokyo: Kyoritsu Women's University Kanda.

Neme AL, Maxon BB, Linger JB, Abbott, LJ. 2002. An in-vitro investigation of variables influencing mercury vapour release from dental amalgam. *Oper Dent*, 27(1):73-80.

Ng DK, Chan CH, Soo MT, Lee RS. 2007. Low-level chronic mercury exposure in children and adolescents: meta-analysis. *Pediatr Int.*, 49(1): 80-87.

Oepen I. 1993. Unkonventionelle medizinische Verfahren. Diskussion aktueller Aspekte. München: Elsevier.

Ohnesorge FK. 1982. Zur Frage der Toxikologie von Quecksilber aus Amalgamfüllungen, Forschungsinstitut für die Zahnärztliche Versorgung, 3.Band, Köln: Deutscher Ärzte Verlag.

Omura Y, Shimotsuura, Y, Fukuoka A, Fukuoka H, Nomoto T. 1996. A clinical case report, along with organ representation areas for each tooth. *Acupunct Electrother Res.*, 21(2): 133-60.

Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 2010. 12-Year Survival of Composite vs. Amalgam Restorations. *J Dent Res.*, 89(10):1063-1067.

o. V. 1997. Möglichkeiten der Amalgamausleitung. *Biologische Zahnmedizin* (4): 119.

Pabst R. 2010. Präferenzmessung bei inkrementellen Innovationen. [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

Peiker G, Erler M, Scheibe C, Michels W, Seewald HJ. 2000. Concentration of heavy metals (Pb, Cd, Hg) in maternal blood. *Z Geburtshilfe Neonatol.*, 204(5):187-192.

Petricek E, Völkel U. 1998. Die Akupunktur in der zahnärztlichen Praxis und ergänzende Therapieformen, Zweite Aufl. Heidelberg: Hüthig.

Pizzichini M, Fonzi M, Sugherini L, Fonzi L, Gasparoni A, Comporti M, Pompella A 2002. Release of mercury from dental amalgam and its influence on salivary antioxidant activity. *Sci Total Environ.*, 284(1-3): 9-25.

Pfeifer J. 2007. Amalgam als Auslöser von Allergien und Vergiftungen. Bundesverband Neurodermitiskranker in Deutschland e.V.

Prokop O. 1962. Medizinischer Okkultismus. Jena: Gustav-Fischer-Verlag.

Prokop O, Oepen I. 1986. Außenseitermethoden in der Medizin. Ursprünge, Gefahren, Konsequenzen. Darmstadt: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Raap U, Stiesch M, Reh H, Kapp A, Werfel T. 2009. Investigation of contact allergy to dental metals in 206 patients. Contact Dermatitis, 60(6): 339-343.

Reichl FX. 1997. Taschenatlas der Toxikologie. Stuttgart: Thieme.

Reichl, F.-X. 2002. Taschenatlas der Toxikologie, Substanzen, Wirkungen, Umwelt; 2.Auflage. Stuttgart: Thieme.

Reichl FX, Simon S, Esters M, Seiss M, Kehe K, Kleinsasser N, Hickel R. 2006. Cytotoxicity of dental composite (co)monomers and the amalgam component Hg(2+) in human gingival fibroblasts. Arch Toxicol., 80(8):465-472.

Reichl FX, Esters M, Simon S, Seiss M, Kehe K, Kleinsasser N, Folwaczny M, Glas J, Hickel R. 2006. Cell death effects of resin-based dental material compounds and mercurials in human gingival fibroblasts. Arch Toxicol., 80(6): 370-377.

Riethe P. 1974. Die Quintessenz der Mundhygiene. Berlin: Quintessenz.

Riethe P, Schmelzle R, Schwenzer N. 1980. Arzneimitteltherapie in der Zahn-, -Mund- und Kieferheilkunde. Stuttgart: Thieme.

Riethe P. 1981. Zur Frage der Nebenwirkungen bei der Versorgung kariöser Zähne mit Amalgam. Forschungsinstitut für die Zahnärztliche Forschungsinstitut für die zahnärztliche Versorgung (FZV) und Zahnärztlicher Arzneimittelausschuss BDZ/KZBV. Dritter Band. Köln: Selbstverlag.

Robert Koch-Institut. 2007. Amalgam: Stellungnahme aus umweltmedizinischer Sicht. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch –Gesundheitsschutz, 50:1304-1307.

Ruprecht J. 1993. Dimaval® (DMPS) DMPS-Heyl®. [Wissenschaftliche Produktmonographie]. Berlin: Heyl, Chemisch-Pharmazeutische Fabrik.

Saller R, Feiereis H. 1997. Erweiterte Schulmedizin. München: Marseille.

Sandborgh-Englund G, Nygren AT, Ekstrand J, Elinder CG. 1996. No Evidence of renal toxicity from amalgam fillings. American Journal of Physiology, (271):941-945.

Schaller KH, Angerer J, Lehnert G. 1991. Internal and external quality control in the toxicological analysis of blood and urine samples in the Federal Republic of Germany. Int Arch Occup Environ Health, 62(8):537-542.

Schiele R. 1996. Quecksilber aus Zahnamalgam-Belastung, Beanspruchung, Vergiftung? Skeptiker, (96):48-53.

Schiele R. 1982. Zur Frage der Toxikologie von Quecksilber aus Amalgamfüllungen In: Forschungsinstitut für die Zahnärztliche Versorgung, Band 3, Köln.

Schiele R, Kröncke A. 1989. Quecksilber-Mobilisation durch DMPS (Dimaval®) bei Personen mit und ohne Amalgamfüllungen. Zahnärztl Mitteil, 79(17): 1866-1868.

Schiele R. 1990. Toxikologische Aspekte der Amalgam-Füllung, In: Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK, München.

Schiele R, Erler M, Reich E. 1996. Zur Tübinger Amalgam-Studie: Speichelanalysen eignen sich nicht zur Bewertung der Quecksilberbelastung. Deutsches Ärzteblatt, 93:22.

Schiele , Erler M, Erler M jun, Beier M, Glockmann E. 1999. Die Quecksilberfreisetzung beim Zähneputzen und Kaugummikauen. Zahnärztl Mitt, 89: 2394.

Schimmel KC. 1986. Lehrbuch der Naturheilverfahren. Stuttgart: Hippokrates.

Schimmel KC. 1990. Lehrbuch der Naturheilverfahren. Zweite.Auflage. Stuttgart: Hippokrates.

Schmidt F; Süß WG; Nieber K. 2004. In-vitro-Testungen von homöopathischen Verdünnungen. Biologische Medizin, 33: 32-36.

Schneider V. 1976. Untersuchung über die Quecksilberabgabe aus Silber-Amalgam-Füllungen mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorption. [Dissertation]. Frankfurt /Main: Johann-Wolfgang-Goethe-Universität.

Skare I, Engqvist A. 1994. Human exposure to mercury and silver released from dental amalgam restorations. Arch Environ Health, 49: 384-394.

Skoda J. 1857. Tremor mercurialis. Allg Wien Med Zeitschr, 7:8.

Städtler P. 1991. Dental amalgam. III: Toxicity. Int J Clin Pharmacol Ther Toxicol, 29(4):168-171.

Städtler P, Ebeleseder K. 1995. Amalgam. Occup Environ, 43:163-171.

Stock A. 1926. Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. Zeitschrift für angewandte Chemie. 39 (15): 461- 466.

Sumiwi YA, Soesatyo MH, Sosroseno W. 2010. The role of CD4+ T cells in the induction of contact hypersensitivity to mercury in a murine model. Cutan Ocul Toxicol, 29(1): 30-33.

[www.toxcenter.de](http://www.toxcenter.de) . 2012.

Triebig G, Lehnert G. 1998. Neurotoxikologie in der Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. Stuttgart: Gentner.

Tsubaki T; Irukayama K. 1977. Minimata Disease. Methylmercury poisoning in Minimata und Niigata, Japan. Tokyo: Kodansha Ltd.



Uchikawa T, Yasutake A, Kumamoto Y, Maruyama I, Kumamoto S, Ando Y 2010. The influence of *Parachlorella beyerinckii* CK-5 on the absorption and excretion of methylmercury (MeHg) in mice. *J Toxicol Sci*, 35(1): 101-105.

Umweltbundesamt. 2009. Addendum zur „Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte“ der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. *Bundesgesundheitsbl*, 52:1228–1234.

Umweltbundesamt (Herausgeber). 2007. Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 – KUS. Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland. WaBoLu-Hefte 1/2007. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin.

Umweltbundesamt (Herausgeber). 1999. Stoffmonographie Quecksilber – Referenz – und Human – Biomonitoring – Werte (HBM). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforsch - Gesundheitsschut.*, 42 (6): 522-532.

Visser H. 1993. Elektroakupunktur und Medikamententest-kritische Bewertung eines Verfahrens zur Diagnose von „Amalgam-Belastungen“. In: Oepen I. *Unkonventionelle medizinische Verfahren*. München: Elsevier.

Visser H. 1993. *Quecksilber-Exposition aus Amalgamfüllungen*. Heidelberg: Hüthig.

Voll R. 1987. *Kopfherde Diagnostik und Therapie mittels Elektroakupunktur und Medikamententestung*. Uelzen: Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft.

Voll R. 1986. Topographische Lage der Messpunkte der Elektroakupunktur. Uelzen: Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft.

Voß A. 2007. Frauen sind anders krank als Männer. Irisiana-Verlag.

Wahrburg U. 1997. Spurenelemente und Vitamine in Erweiterter Schulmedizin. Münster:

Weidenhammer W, Bornschein S, Zilker T, Eyer F, Melchart D, Hausteiner C. 2010. Predictors of treatment outcomes after removal of amalgam fillings: associations between subjective symptoms, psychometric variables and mercury levels. *Community Dent Oral Epidemiol*, 38(2):180-189.

Weihrauch M, Schulze B, Schaller KH, Lehnert G. 1997. Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (Biomonitoring) Teil X: Kreatinin als Bezugsgröße für Stoffkonzentrationen im Harn. *Arbeitsmed sozialmed Umweltmed*, 32: 351-355.

Whanger PD. 1992. Selenium in the Treatment of heavy metal poisoning and chemical Carcinogenesis. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis*, 6(4): 209-221.

Wirz J, Ivanović D, Schmidli F. 1990. Mercury loading from amalgam fillings. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 100(11): 1292-1298.

Witzel A. 1899. Das Füllen der Zähne mit Amalgam: nebst einem Anhang über die moderne Behandlung pulpakranker Zähne. Berlin. Berl Verlagsanst.

Winfield SA, Boyd ND, Vimy MJ, Lorscheider FL. 1994. Measurement of total mercury in biological specimens by cold vapor atomic fluorescence spectrometry. Clin Chem, 40(2): 206-210.

World Health Organisation. 1991. Inorganic mercury (Environmental Health Criteria). Genf: World Health Organisation.

Zimmer H, Ludwig H, Bader M, Bailer J, Eickholz P, Staehle HJ, Triebig G. 2002. Determination of mercury in blood, urine and saliva for the biological monitoring of an exposure from amalgam fillings in a group with self-reported adverse health effects. Int J Hyg Environ Health, 205(3): 205-211.

## **Anhang**

### **Lebenslauf**

Name: Anne Obermüller  
Geboren am, in: 18.04.1985 in Meiningen  
Familienstand: ledig  
Wohnanschrift: Schulstraße 10, 07749 Jena

### **Schulbildung**

1995 – 2003 Henfling-Gymnasium, Meiningen  
1991 – 1995 Grundschule am Drachenberg, Meiningen

### **Studium**

10/2004-12/2009 Friedrich-Schiller-Universität, Jena  
Studium der Zahnmedizin

### **Praktische Erfahrungen**

Seit 05/2011 Assistenz Zahnärztin in Jena, Dr. Hoffmann u. Dr. Drothen  
01/2011-04/2011 Praktikum in der Zahnarztpraxis für Kinder, Rebecca Otto  
06/2010-11/2011 Assistenz Zahnärztin in Kempten, Dres. Renner  
10/2007- 10/2008 Studentische Hilfskraft in der Zahnklinik des  
Universitätsklinikum Jena  
10/2007-12/2009 Stationsdienste im Universitätsklinikum Jena  
10/2006- 02/2007 Tutor der makroskopischen Anatomie  
08/2003- 07/2004 Praktikum im Zentrum für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie  
des SRH Klinikum Suhl

## **Danksagung**

Die vorliegende Arbeit wurde mit freundlicher Unterstützung des Institutes für Arbeits-, Sozial-, Umweltmedizin und –hygiene an der Friedrich-Schiller-Universität Jena angefertigt. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Rainer Schiele, für die Überlassung des Themas, die fachliche und logistische Unterstützung, sowie die geduldige Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Für fachliche Anregungen, zahlreiche Gespräche, für die Übernahme der analytischen Verfahren und die Zusammenarbeit danke ich Herrn Dr. rer. nat. Michael Erler.

Ein Dank gilt auch meinen Eltern, Dr. Frank Obermüller und Gudrun Obermüller für die seelische und moralische Unterstützung.

Meinem Freund Dr. rer. pol. Reinhold Pabst gebührt ein besonderer Dank. Du hast mir die nötige Motivation gegeben, das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren.

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Prof. Dr. med. Rainer Schiele,

Dr. rer. nat. Michael Erler,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, den .....

.....

Anne Obermüller